



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**YOZGAT İLİ HAYVANSAL
ATIK KAYNAKLI BİYOGAZ
POTANSİYELİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ
VE ÖRNEK BİR BİYOGAZ TESİSİ
MALİYET ANALİZİ**

Kadir GÜRER

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

ARALIK 2022



**YOZGAT İLİ HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI BİYOGAZ POTANSİYELİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖRNEK BİR BİYOGAZ TESİSİ MALİYET ANALİZİ**

Kadir GÜRER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Aralık 2022

YOZGAT İLİ HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI BİYOGAZ POTANSİYELİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖRNEK BİR BİYOGAZ TESİSİ MALİYET ANALİZİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Kadir GÜRER

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Aralık 2022

ÖZET

Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte ihtiyaç ve talep artışı kaynakların tüketimini beraberinde getirmiş olup bu durum atık miktarı ve enerji talebini artırmaya devam etmektedir. Mevcut durumdaki kaynakların etkin kullanımı organik içerikli atıklardan biyogaz üretimi için alternatif enerji kaynağı olabilir. Biyogaz enerji üretiminde hayvan gübrelere organik atık olarak kullanılır. Ülkemiz bulunduğu coğrafi konum itibari ile zengin potansiyele sahiptir. Ülkemizde tarım ve hayvancılık yaygın olduğu için tarımsal ve hayvansal atıklar biyogaz enerji kaynağı olarak değerlendirilebilir. Yozgat ili Tarım ve hayvancılık ekonomik faaliyetlerinin yaygın olarak yürütüldüğü bir şehirdir. Bölgede geri dönüşüme kazandırılacak katı olan atıkların özellikle hayvansal atıkların geri dönüştürülmesi ve ihtiyaç duyulan temiz enerji potansiyelinin bölgeye kazandırılması gerekmektedir. Yozgat ilinde hayvan gübresi (büyükbaş ve küçükbaş) kullanılarak biyogaz ve elektrik enerjisi üretimine yönelik yapmış olduğum çalışmada büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığı ele alınmıştır. Yozgat ilinde mevcut şartlarda hayvansal (büyükbaş ve küçükbaş) gübrelerin biyogaz olarak değerlendirilmesi sonucu 29385.600 m³ biyogaz üretilebileceği ve elde edilen biyogazın elektrik enerjisine çevrilmesi sonucu 138,1 GWh/yıl elektrik enerjisinin üretilebileceği hesaplanmıştır. 1.4MW biyogaz enerjisi üretimi için gerekli santral maliyeti yaklaşık olarak 4.722.500€ ve tesis kurulum yatırımının geri dönüş zamanının 8 yıl olacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler : Yozgat, Biyogaz, Hayvansal atık, Elektrik üretimi, Enerji

Sayfa Adedi : 81

Danışman : Doç. Dr. Mustafa Kaan BALTACIOĞLU

EVALUATION OF BIOGAZ POTENTIAL ORIGINATING FROM ANIMAL WASTE IN YOZGAT PROVINCE AND ANALYSIS OF A BIOGAS PLANT SAMPLE COST

(M. Sc. Thesis)

Kadir GÜRER

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

December 2022

ABSTRACT

With the rapid increase in the world population, the increase in need and demand has brought about the consumption of resources, and this situation continues to increase the amount of waste and energy demand. Effective use of existing resources can be an alternative energy source for biogas production from organic waste. In biogas energy production, animal manure is used as organic waste. Our country has a rich potential due to its geographical location. Since agriculture and animal husbandry are common in our country, agricultural and animal wastes can be considered as a biogas energy source. Yozgat province is a city where agriculture and livestock economic activities are carried out widely. It is necessary to recycle solid wastes that can be recycled in the region, especially animal wastes, and to bring the needed clean energy potential to the region. In the study that I have done for the production of biogas and electrical energy by using animal manure (bovine and ovine) in Yozgat province, the existence of bovine and ovine animals has been discussed. It has been calculated that 29.385.600 m³ of biogas can be produced as a result of using animal (bovine and ovine) manures as biogas in the current conditions in Yozgat province, and 138.1 GWh/year electrical energy can be produced as a result of converting the obtained biogas into electrical energy. The cost of the power plant required for the production of 1.4MW biogas energy is approximately €4,722,500 and the return time of the investment in the establishment of the facility is estimated to be 8 years.

Key Words : Yozgat, biogas, animal waste, electricity generation, energy

Page Number : 81

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mustafa Kaan BALTACIOĞLU

TEŞEKKÜR

Tezimin planlanması ve yürütülmesi sürecinde desteğini ve emeğini esirgemeyen, tecrübesi ve sahip olduğu bilgi birikimi ile çalışmalarımı yönlendiren, tez danışmanım sayın Doç. Dr. Mustafa Kaan BALTACIOğLU' na teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemde üzerimde büyük emeği olan hayatımın her aşamasında desteklerini esirgemeyen babama, anneme ve kardeşlerime, her zaman yanımda olan varlığıyla her daim destek veren sevgili eşime ve oğluma en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Bu süreçte bana destekleri ile güç veren tüm büyüklerime ve dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvi
1. GİRİŞ	1
2. BİYOGAZ	3
2.1. Biyogaz Üretiminin Tarihsel Gelişimi	4
2.2. Biyogaz Oluşum Evreleri	5
2.2.1. Hidroliz evresi	6
2.2.2. Asit oluşturma evresi	6
2.2.3. Metan oluşturma evresi	7
2.3. Biyogaz Üretimini Etkileyen Etmenler	7
2.3.1. Fiziksel şartlar	7
2.3.2. Kimyasal şartlar	10
2.4. Dünya’da ve Türkiye’de Biyogaz Potansiyeli	14
2.4.1. Dünya’da biyogaz potansiyeli	14
2.4.2. Türkiye’de biyogaz potansiyeli	15
2.5. Biyogaz Üretimin Yararları	18
2.6. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Hammadde	19

	Sayfa
2.6.1. Hayvansal atıklar.....	19
2.6.2. Bitkisel atıklar	19
2.6.3. Kentsel ve Endüstriyel atıklar	20
2.7. Biyogaz Uygulama Alanları.....	21
2.8. Biyogaz Üretim Tesisi Çeşitleri	22
2.8.1. Belediye katı atık arıtma tesisleri.....	22
2.8.2. Endüstriyel biyogaz tesisleri	23
2.8.3. Atık su arıtma tesisleri	24
2.8.4. Tarımsal biyogaz tesisleri	24
2.8.5. Çöp gazı geri kazanım tesisleri	26
2.9. Biyogaz Tesisi Birleşenleri	27
2.9.1. Reaktör	30
2.9.2. Gaz deposu	30
2.9.3. Organik madde deposu.....	30
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	32
4. MATERYAL VE METOD	37
4.1. Yozgat İli Tanımı	37
4.2. Coğrafi Yapı.....	37
4.3. İklim ve Bitki Örtüsü	38
4.4. Nüfus ve Ekonomik Özellikler.....	38
4.5. Yozgat İli Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Sayıları	40
4.5.1. Yozgat ili büyükbaş hayvan sayısı.....	41
4.5.2. Yozgat ili küçükbaş hayvan sayısı.....	42
4.6. Hesaplama Formülleri	43

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	46
5.1. Yozgat İlinin Biyogaz Potansiyelinin İncelenmesi	46
5.2. İlçelere Göre Biyogaz Üretim Potansiyelinin İncelenmesi	47
5.2.1. Yozgat Merkez’de, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	48
5.2.2. Yozgat ili Akdağmadeni ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	49
5.2.3. Yozgat ili Aydıncık ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	50
5.2.4. Yozgat ili Boğazlıyan ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	51
5.2.5. Yozgat ili Çandır ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları.....	53
5.2.6. Yozgat ili Çayıralan ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	54
5.2.7. Yozgat ili Çekerek ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	55
5.2.8. Yozgat ili Kadışehri ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	56
5.2.9. Yozgat ili Saraykent ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	58
5.2.10. Yozgat ili Sarıkaya ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	59
5.2.11. Yozgat ili Sorgun ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	61
5.2.12. Yozgat ili Şefaattli ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	62
5.2.13. Yozgat ili Yenifakılı ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	63
5.2.14. Yozgat ili Yerköy ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	65

	Sayfa
5.3. Yozgat İli İlçelere Göre Biyogaz Üretim Potansiyelin İncelenmesi.....	66
5.4. Biyogaz Tesisinin Maliyet Analizi.....	69
5.4.1. Teslim süresi	70
5.4.2. Sabit yatırım tutarı	77
5.4.3. Yatırım geri dönüş süresi	74
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	75
KAYNAKLAR.....	77



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Biyogaz içeriği.....	4
Çizelge 2.2. Organik maddelerin C/N oranı	11
Çizelge 2.3. Anaerobik arıtmada çeşitli engelleyicilerin engelleme seviyesi	13
Çizelge 2.4. Amonyakın metan üretimi üzerine etkisi.....	13
Çizelge 2.5. Atıklardan üretilen biyogazın L ve kg başına miktarları ve hacimce metan oranları.....	21
Çizelge 4.1. Yozgat ili büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları	40
Çizelge 4.2. Yozgat ili büyükbaş hayvan sayıları.....	41
Çizelge 4.3. Yozgat ili küçükbaş hayvan sayıları.....	42
Çizelge 4.4. Biyogazın uygun şartlar altında etkin ısıl değeri.....	44
Çizelge 4.5. Hesaplama formülleri.....	45
Çizelge 5.1. Yozgat ilinin gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları.....	46
Çizelge 5.2. Yozgat ilinde hayvansal atıklardan elde edilebilecek gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli	47
Çizelge 5.3. Yozgat merkez gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları	48
Çizelge 5.4. Yozgat ilinde merkez ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli	49
Çizelge 5.5. Yozgat ili Akdağmadeni ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	49
Çizelge 5.6. Yozgat ili Akdağmadeni ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli	50
Çizelge 5.7. Yozgat ili Aydıncık ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	50
Çizelge 5.8. Yozgat ili Aydıncık ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli	51

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.9. Yozgat ili Boğazlıyan ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	52
Çizelge 5.10. Yozgat ili Boğazlıyan ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli	52
Çizelge 5.11. Yozgat ili Çandır ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	53
Çizelge 5.12. Yozgat ili Çandır ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli	54
Çizelge 5.13. Yozgat ili Çayıralan ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	54
Çizelge 5.14. Yozgat ili Çayıralan ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli	55
Çizelge 5.15. Yozgat ili Çekerek ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	55
Çizelge 5.16. Yozgat ili Çekerek ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli	56
Çizelge 5.17. Yozgat ili Kadışehri ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	57
Çizelge 5.18. Yozgat ili Kadışehri ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli	57
Çizelge 5.19. Yozgat ili Saraykent ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	58
Çizelge 5.20. Yozgat ili Saraykent ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli	59
Çizelge 5.21. Yozgat ili Sarıkaya ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	59
Çizelge 5.22. Yozgat ili Sarıkaya ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli	60
Çizelge 5.23. Yozgat ili Sorgun ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	61
Çizelge 5.24. Yozgat ili Sorgun ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli	62

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.25. Yozgat ili Şefaati ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	62
Çizelge 5.26. Yozgat ili Şefaati ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli.....	63
Çizelge 5.27. Yozgat ili Yenifakılı ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	63
Çizelge 5.28. Yozgat ili Yenifakılı ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli.....	64
Çizelge 5.29. Yozgat ili Yerköy ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları	65
Çizelge 5.30. Yozgat ili Yerköy ilçesinde biyogaz ve elektrik enerjisi mevcut potansiyeli.....	66
Çizelge 5.31. İlçelere göre büyükbaş hayvan kaynaklı biyogaz potansiyeli	66
Çizelge 5.32. İlçelere göre küçükbaş hayvan kaynaklı biyogaz potansiyeli.....	68
Çizelge 5.33. Biyogaz tesisinin kurulum zaman çizelgesi	71
Çizelge 5.34. İstihdam edilecek personel sayısı ve brüt maaşları.....	72
Çizelge 5.35. Bölüşümlü fiyat tablosu	73

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Biyogaz şeması	3
Şekil 2.2. Biyogaz oluşum evreleri	5
Şekil 2.3. Anaerobik fermantasyon evreleri için sıcaklık aralıkları.....	8
Şekil 2.4. Sürdürülebilir kalkınma senaryosu kapsamında dünya biyokütle enerji üretimi, 2000-2030 (TWh).....	15
Şekil 2.5. Ülkemizde yıllara göre kurulu güç değişimi	16
Şekil 2.6. Ülkemizde yıllara göre toplam kurulu güç içerisindeki oranı	17
Şekil 2.7. Türkiye'ye ait genel bilgiler	18
Şekil 2.8. Bir biyogaz tesisinden genel bir görüntü	22
Şekil 2.9. Evsel katı atıklar için dizayn edilmiş biyogaz tesisi.....	23
Şekil 2.10. Süttaş biyogaz ve elektrik üretim tesisi	23
Şekil 2.11. Atık su arıtma tesisi	24
Şekil 2.12. Çiftlik tipi biyogaz tesisinin görünümü	26
Şekil 2.13. Biyogaz tesisi.....	26
Şekil 2.14. Seymen çöp gazından elektrik üretim tesisi	27
Şekil 2.15. Biyogaz tesisi birleşenleri.....	27
Şekil 2.16. Biyogaz kontrol blok diyagramı	29
Şekil 4.1. Çalışma alanının konumunu gösteren harita.....	37
Şekil 4.2. 2021 yılı sonunda Yozgat ili ve ilçeleri yerleşim yeri nüfusu ile ilgili sayısal bilgiler	39
Şekil 4.3. Yozgat ili büyükbaş hayvan sayılarına göre yüzdeler olarak ilçelere dağılımı	42
Şekil 4.4. Yozgat ili küçükbaş hayvan sayılarına göre yüzdeler olarak ilçelere dağılımı	43
Şekil 5.1. Yozgat ili büyükbaş ve küçükbaş hayvan kaynaklı biyogaz enerji potansiyeli	47

Şekil	Sayfa
Şekil 5.2. Yozgat ili büyükbaş hayvan kaynaklı biyogaz enerjisinden üretilebilecek elektrik enerji potansiyeli.....	67
Şekil 5.3. Yozgat ili küçükbaş hayvan kaynaklı biyogaz enerjisinden üretilebilecek elektrik enerji potansiyeli.....	69



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
CH₄	Metan
CO	Karbonmonoksit
CO₂	Karbondioksit
Cr	Krom
Cu	Bakır
C/N	Karbon/Azot oranı
°C	Santigrat derece sıcaklığı
g	Gram
GW	Gigawaat
GWh	Gigawatt Saat
H₂	Hidrojen
H₂O	Su
K	Potasyum
H₂S	Hidrojen Sülfür
Kg	Kilogram
kW	Kilowaat saat
Kcal	Kilokalori
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
m³	Metreküp
MW	Megawatt
NaCl	Sodyum klorür ve genel tuzlar
N	Azot
Na	Sodyum

Simgeler	Açıklamalar
NH₃	Amonyak
Ni	Nikel
NH₄	Amonyum
l	Litre
O₂	Oksijen
S	Sülfür
SO₄	Sülfat

Kısaltmalar	Açıklamalar
A.B	Avrupa Birliği
BEPA	Biyogaz Enerji Potansiyeli Atlası
BED	Biyogazın enerji değeri
BM	Biyogaz miktarı
EÜ	Biyogazın enerji değeri
H	Hafta
GM	Gübre miktarı
HGEB	Hayvan Gübresinden Elde Edilen Biyogaz
HS	Hayvan sayısı
KM	Kuru madde/ Katı madde
KTPE	Kiloton petrol eşdeğeri
MTEP	Milyon ton eşdeğer petrol
TEP	Toplam Enerji Potansiyeli
TUİK	Türkiye istatistik kurumu
V	Vardiya
UM	Uçucu madde
YGÜM	Hayvan başına yıllık gübre üretim miktar

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte ihtiyaç ve talep artışı, kaynakların tüketimini arttırmış bu durum atık miktarı ve enerji talebini artırmaya devam etmektedir. Atıkların çevre üzerindeki olumsuz etkisi, yenilenemeyen enerji rezervlerinin azalması, enerji kıtlığının artması, eldeki kaynakların daha verimli kullanılmasını ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişi zorunlu hale getirmiştir (Görmüş, C. 2018). Artan bu enerji talebini karşılamak için dünyada ve ülkemizde yeni enerji ve yenilenebilir enerji arayışları son senelerde yapılan yatırımlarla önemli ölçüde bir artış göstermiştir. Yeni kaynak arayışları ile birlikte organik atıklardan biyogaz üretimi için alternatif bir kaynak olarak değerlendirilmesi mümkündür (Mao ve ark. 2015).

İnsanlar da dahil olmak üzere tüm canlılar organik atık üretir. Bu organik atığı ele almanın ve bundan yararlanmanın yollarından biri de biyogaz enerjisidir. Biyogaz üretim tesisleri, tarımsal ve hayvansal artıkların ve tüm organik maddelerin değerlendirilmesi için önemli bir alternatiftir (Kougias ve Angelidaki, 2018).

Dünya üzerinde yakın gelecekte fosil enerji kaynaklarının tükeneceği ön görülmektedir. Bu sebeple doğayı kirletmeyen, temiz, sürdürülebilir çevreye zarar vermeyen yenilenebilir enerji türlerinin üzerinde durulması gerekmektedir. Üretimi ve kullanım açısından araştırılması gereken konulardan biridir. Türkiye'nin artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için doğal kaynaklardan doğru kullanımı, yeni teknolojilere açık olunması ve mevcut teknolojilerin verimliliğinin artırılması gerekmektedir. Aynı zamanda, enerji kaynaklarının tüketimini doğru bir şekilde değerlendirerek, enerji arz güvenliğinin sağlanması ve bu sayede toplumda enerji yönetimi bilincinin geliştirilmesi de enerjide önceliğimiz olmalıdır (Cantekin E., 2022).

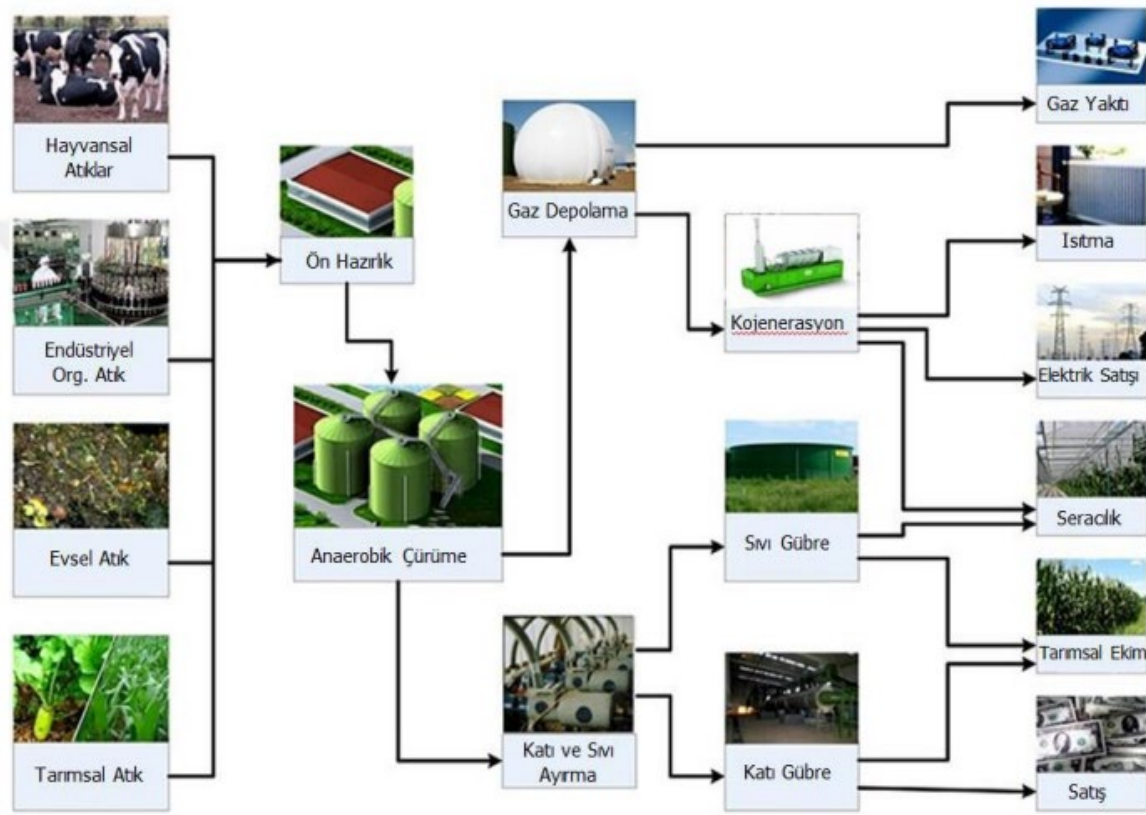
Bu enerji talebi, azalmakta olan doğal gazın yerini tutan yenilenebilir enerji kaynağı statüsündeki biyogaz da dahildir. Biyogaz, oksijensiz bir ortamda biyokütle malzemelerinin anaerobik bozulmasıyla elde edilen yanıcı bir gazdır. Diğer yanıcı gazların aksine biyogaz sadece bitki veya hayvan gibi organik hammaddelerden üretilir. Biyogaz üretim tesislerinde biyo-bazlı atıklar, endüstriyel atıklar, organik atıklar, mısır ve şeker pancarı şeklinde enerji bitkileri ve hayvancılıktan elde edilen hayvan gübresi hammadde olarak kullanılabilir.

Biyokütlenin anaerobik bozulması sonucu oluşan biyogazın kalorifik (ısı) değeri içerdiği metan gazını oluşturur. Karbondioksit gazının sera etkisine neden olduğu bilirse de metan gazı aslında karbondioksitten 23 defadan fazla sera etkisine neden oluyor. Bu bağlamda çeşitli atık (hayvansal, bitkisel ve endüstriyel) kaynaklarından biyogaz üretimi hem ekonomik hem de çevre sağlığı yönünden oldukça önemli bir konudur (Yılmaz A., 2022). Organik atıkların biyogaz üretiminde kullanılması, atık arıtma ve atık enerji geri kazanımında etkin atık yönetimi adımlarını ortaya koymaktadır (Mao ve ark. 2015).

Organik atıklar ülkemizde mevcut toplam atık miktarının % 65'ni oluşturmaktadır. Organik kaynaklı atık oranının bu kadar yüksek olması ülkemiz için büyük avantaj sağlamaktadır (Çelik T., 2022). Hammaddenin çeşitli olması sebebiyle biyogaz enerji elde etmek diğer enerji üretim yöntemlerine göre daha kolaydır (Gao vd., 2019). Ülkemizde özellikle tarım ve hayvancılık sektörünün yaygınlaşmasıyla birlikte, tarımsal atıklardan ve hayvansal atıklardan biyogaz enerji üretimi enerji talebini karşılamak için kullanılabilir bir enerji kaynağı olarak değerlendirilebilir. Ülkemiz coğrafi konumu nedeniyle bol miktarda enerji kaynağı potansiyeline sahiptir.

2. BİYOGAZ

Biyogaz; organik, hayvansal ve bitkisel temelli atıkların havasız ortamda mayalanması sonucu oluşan yanıcı bir gazdır. Biyogaz havadan daha hafif bir gazdır. Havaya göre yoğunluğu ise $0,94 \text{ kg/m}^3$, yanma sıcaklığı yaklaşık $700 \text{ }^\circ\text{C}$, alev sıcaklığı ise $870 \text{ }^\circ\text{C}$ ve ısı değeri 5.96 kWh/m^3 olan bir gaz birleşimidir. Organik atıkların birleşimi sonucu renksiz, kokusuz, havaya göre hafif, parlak mavi alevle yanan bir birleşimdir (Abdeshahian, P., Lim, J. S., Ho, W. S., Hashim, H. and Lee, C. T. 2016).



Şekil 2.1. Biyogaz şeması

Biyogaz üretim şeması detaylı şekilde şekil 2.1.'de gösterilmiştir (Teke E. 2021).

Biyogaz üretiminin oluşması için alttaki bileşenlerin olması gerekir (Ercan D. 2021).

- ♣ Organik madde
- ♣ Bakteri
- ♣ Anaerobik ortam
- ♣ Is

Biyogaz enerjisi içeriği gaz bileşim oranları bulunduğu ortam sıcaklığına, içerindeki su lusüne, asiditesine (pH oranına) ve kullanılan atık cinsine göre farklılıklar gösterebilir.

Çizelge 2.1. Biyogaz içeriği

Gazın Türü	% Birleşimi
Metan	50-80
Karbondioksit	20-50
Azot	0-3
Hidrojen	0-5
Su	0-1
Hidrojen Sülfür	0,0005-0,0002

Biyogazın içerik bileşimi izelge 2.1. de belirtilmiştir (Deviren, H., İlkalı, C. ve Aydın, S. 2017).

Üretilen biyogazın verimli bir şekilde faydalanılmasındaki en önemli etmen birleşimde bulunan metan oranıdır. Üretilen biyogaz, iyi hale getirilmek isteniyorsa birleşimdeki metan oranının çoğaltılması gerekmektedir.

Biyogaz içerik olarak doğalgaza benzer özellikler taşımaktadır. Biyogaz arıtılarak ve bazı küçük eklemelerle doğalgaz ile çalışan aletlerde uygulanır hale getirilebilir (Aktaş, A., 2008).

2.1. Biyogaz retiminin Tarihsel Gelişimi

Biyogaz ilk olarak Volga tarafından 18. Yüzyılın ortalarında tanımlanmıştır ve sürekli geliştirilerek günümüze kadar gelmiştir. Hindistan'ın Bombay şehrinde bir hastanede 1859 yılında ilk anaerobik (oksijensiz) rtme tesisi yapılmıştır. Hayvan gübresi ile olan çalışmalar 1883-1884 yılları arasında Pasteur'ün bir ğrencisi olan Gayon tarafından yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda elverişli şartlarda oluşturulan bu gaz miktarının fazlalığı, Pasteur' ve diğer araştırmacıları başka alanlara yönlendirmiş ve üretilen bu gazın aydınlatma ve ısıtmada kullanılabileceği ortaya konulmuştur. İngiltere'de 1895 yılında bu yolla atık su arıtma biyogaz üretimi tesisi ilk olarak kurulmuştur. Camaron

Biyogaz; ilk evre hidroliz, ikinci evre asit oluşumu ve son olarak metan gazı olmak üzere üç evrede gerçekleşir. Birinci evre hidrolizdir, mikroorganizmalar enzim salgılar ve atıkları çözünen maddelere dönüştürür. Bu aşamada proteinler, karbonhidratlar ve albümin gibi karmaşık yapılar aminoasitler, şekerler ve yağ asitleri gibi basit olan organik yapılara dönüşümü sağlar. Bu evreden sonra fermente edici (asitleştirici) bakteriler bu maddeleri asetik asit, propiyonik asit, bütirik asit gibi zayıf yağ asitlerin yanı sıra laktik asit ve alkole dönüştürür. pH, asit oluşumunda düşmektedir ve bu da metan oluşumunu sağlayan bakterileri olumsuz şekilde etkilenebilir. Metanojenler tarafından biyogaz oluşumu son adımdır. Biyogaz oluşum süreci mikrobiyal faktörler ile gerçekleşmektedir ve mikrobiyomu etkileyebilecek dış etkenler biyogaz üretim sürecini doğrudan etkilemektedir (Üregen Güler T., 2020).

2.2.1. Hidroliz evresi

Biyogaz oluşumu sırasında hidroliz evresi, organik bileşenlerin anaerobik bakteriler tarafından salgılanan enzimler tarafından parçalanarak, uzun zincirli yapılardan kurtulup suda ayrılabilen daha kısa zincirli monomerlere dönüşümünün yaşandığı evre olarak tanımlanmaktadır. Bu evrede yağlar ve proteinlerin hidrolizi birkaç gün sürerken karbonhidratların hidrolizi birkaç saatte tamamlanabilir. Hidroliz adımı, organik madde ayırımında hız sınırlayıcı adım olarak kabul edilir. Bu sebeple, tüm sürecin ortalama hızı hidroliz adımına bağlıdır. Metanojen reaktörü konstrüksiyonu, hidroliz hızı bekleme süresinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Hidroliz faz oranı faktörü genellikle 0.1-0.3/gün aralığındadır. Biyogaz oluşum prosesinde hidroliz süresini etkileyen parametreler ise bekleme süresi, pH, sıcaklık, organik atık türü ve organik atık yükü olarak sayılabilir (Angelidaki, I. Ve ark., 2011).

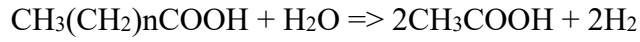
Karbonhidratlar: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3CO_2 + 3CH_4$

Yağlar: $C_{12}H_{24}O_6 + 3H_2O \rightarrow 4.5CO_2 + 7.5CH_4$

Proteinler: $C_{13}H_{25}O_7N_3S + 6H_2O \rightarrow 6.5CO_2 + 6.5CH_4 + 3NH_3 + H_2S$

2.2.2. Asit oluşturma evresi

Hidroliz evresi basamağında oluşan ve uçucu yağ asitlerini asetik aside dönüştüren ve asetogenik (asit oluşturan) bakteri türleri devreye girerek ve bazı asetogenik bakteri grupları uçucu yağ asitlerini hidrojen ve asetik aside dönüştürme işlemidir.

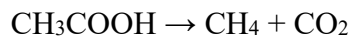
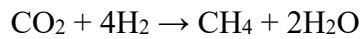


Başka bir asetogenik bakteri grubu, salınan karbondioksit ve hidrojeni kullanır ve asetik asit oluşumu sağlar. Ancak bu ikinci aşamada oluşan asetik asit miktarı, birinci aşamaya oranla daha az asetik asit oluşur (Gülen ve eşmeli, 2012).



2.2.3. Metan oluşum evresi

Anaerobik bozulmada son aşama metan oluşumudur. Metan oluşumunda bakteri grupları (metanojenler) rol almaktadır. Metan oluşumunda bakterilerinin bir kısmı H_2 ve CO_2 kullanarak H_2O ve CH_4 oluştururken, başka bir kısım bakteri ise ikinci aşama ile açığa çıkan asetik asidi kullanarak CO_2 ve CH_4 oluşumunu sağlamaktadır (ztrk İ., 1999).



Yalnız bu kısımda 1. yol ile ortaya çıkan metan miktarı, 2. yolla ortaya çıkan metan miktarından daha azdır. Elde edilen toplam metan miktarının; %30' nu 1. yol ile %70'i 2. yolla elde edilmektedir (Can Z. R., 2017).

2.3. Biyogaz retimini Etkileyen Etmenler

Biyogaz rimi bir dizi fiziksel ve kimyasal etmenlere bağlıdır. İşletmenin fiziksel faktörleri kontrol edebilmesi ve istikrarlı verimi artıracak işletme tecrübesi ile birlikte doğru koşullar sağlandığıında biyogaz üretimini artırması beklenmektedir (Kkhemek, M., Gün, ., Demir, A., 2010).

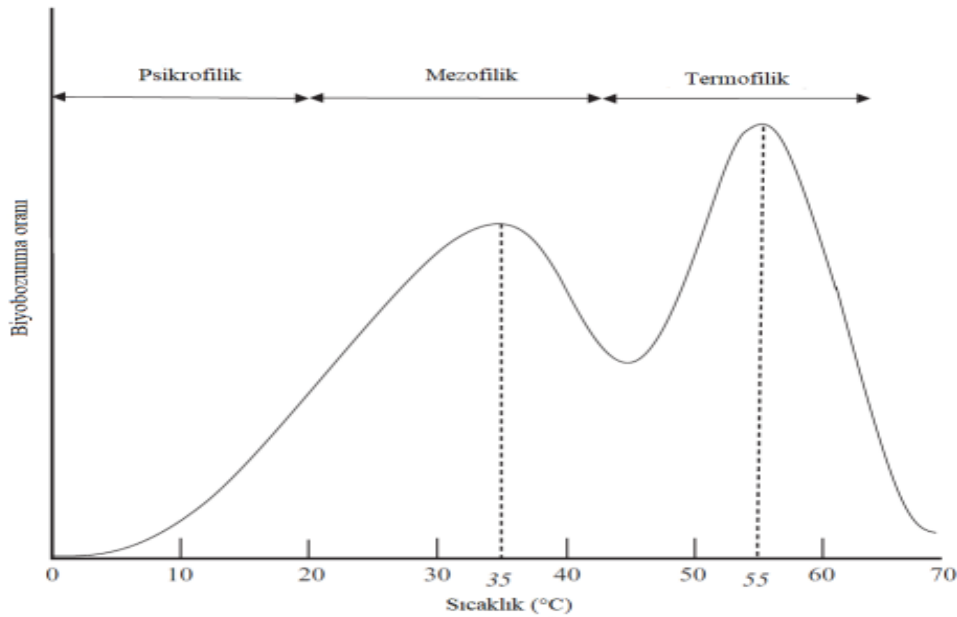
2.3.1. Fiziksel koşullar

Fermentasyon sıcaklığı

Biyogaz oluşumunda önemli faktör, reaktör içerisindeki mikroorganizmaları doğrudan etkilediği için çalışma sıcaklığıdır. Bu sebeple çürütücüde kararsız sıcaklık zayıf veya düşük biyogaz oluşmasına izin verecektir. Anaerobik sindirim devamı sırasında, sıcaklık ve mikrobiyal popülasyon arasındaki korelasyon doğrudan ilişkilidir. Sıcaklık, mikroorganizmaların büyümesini ve fonksiyonunu kolaylaştıran atmosferi yaratır. Sıcaklığın derecesine göre sınıflandırılması üç evrede yapılabilir (Abdealaziz A.E.O. 2021).
 Safrofilik Fermentasyon (3-20 °C): Bu tür düzeneklerde çürütme hızı oldukça çok ağır olmakta ve ortalama 100-300 gün arasında bekletme süresi değişir.

Mezofilik Fermentasyon (20-40 °C): Biyogaz oluşumu için en ideal ortam sıcaklığının olduğu, 25-35 gün gibi bekleme zamanının kısa olduğu fermentasyon türüdür.

Termofilik fermentasyon (40-70 °C): Bu fermentasyon türünde çürütme hızı fazla yüksek olmasından dolayıyla bekletme süresi kısadır (Bal B. 2021).



Şekil 2.3. Anaerobik fermentasyon evreleri için sıcaklık aralıkları

Anaerobik fermentasyon evreleri için sıcaklık aralıkları şekil 2.3. 'de gösterilmiştir (Canan, A. 2021).

Daha kısa sürede daha hızlı fermentasyon yapmak, organik atıkları sterilize ederek zararlı bakterileri yok etmek veya özgül ısısı yüksek malzemelerden yan ürünler kullanmak için

tercih edilen fermantasyon türüdür. Termofilik fermentasyon işlemi için gerekli olan yüksek sıcaklıkları sağlamak için daha fazla enerji kullanılması gerektiğinden, termofilik koşullar altında çalışan metanojen türlerinin azlığı tercih edilmemelerinin nedenidir (Weiland, P. 2001).

Karıştırma

Biyogaz tepkime sırasında değişik atıklarla veya bulamaçla doğrudan temas etmesi için karıştırılmalıdır. Tepkimeye giren bu Atıkların bir karıştırılması birçok fayda sağlar.

- Üretilen biyogazın materyalden uzaklaştırılması.
- Bakterilerle temasının sağlayarak oluşumun hızını artırmak.
- Köpük oluşumunun ve çökeltmenin engellenmesi
- Sıcaklığın homojen olarak dağılımının sağlanması
- Homojen bir şekilde bakterilerin dağılımı
- Bulamaçdaki bakteri popülasyon yoğunluklarını düzenlemek.
- Karıştırma yöntemiyle fermentördeki boşluk hacminin azaltılması nedeniyle fermantasyon üzerindeki olumsuz etki azaltılır (Üregen G., T. 2020).

Organik yükleme oranı

Biyoreaktöre m³ başına konulan organik madde miktarıdır. İlerleme hızı hesaplanmalı ve optimum değere ayarlanmalıdır. Aksi takdirde, pH'ın yükseltilmesi biyogaz üretimini durdurabilir. Mezofilik koşullarda sığır gübresi için yüklenme hızı 2,5kg–3,5kg UM/m³.gün (uçucu madde/metreküp. gün) olmakta, besin maddeli organik gübreler için 5,0-7,0 kg UM/m³ .gün, domuz gübresi için 3,0-3,5 kg UM/m³ .gün kullanılmalıdır (Ziauddin Z., Rajesh R. 2015).

Bekletme süresi

Hidrolik bekleme süresi, biyogaz üretimi için sindirici içindeki organik atıkların bakteriler sayesinde çürütülmesi ile gerekli olan süre olarak tarif edilmektedir. Reaktör içinde bulunan organik gübreler kusursuz bir biçimde biyokimyasal tepkime oluştuğunda zamanla gaz üretimi yavaşlamaya başlar. Bu sebeple seçilen hidrolik bekleme hızı için besi maddelerinin %70-80 oranında biyokimyasal tepkimeye girerek bu durumu ortadan kaldırır. Biyogaz üretim tesislerinde hidrolik bekletme süresi işletme sıcaklığına tabi olarak 20-120 gün

arasında değişiklik gösterir. Hidrolik bekletme süresi tropikal bölgelerde 40-50 gün arasındadır. Çin'de soğuk olan bölgelerinde bu zaman 100 günü bulmaktadır. Devamlı beslemeli düzeneklerde ise bakterilerin reaktörlerden çıkmasını engellemek ve bakterilerin iki katı olmasını sağlamak için bekletme süresi daha uzun olabilir (Gül, N., 2006).

2.3.2. Kimyasal şartlar

Karbon/Azot (C/N) oranı

Enerji elde etmek için bakteriler karbonu (C) kullanırlar. Tüm canlı hücreler gibi bakteriler de protein yapısında oldukları için protein sentezinde azot kullanırlar. Bakteriler çoğalmak ve faaliyetlerini sürdürmek için proteinlere ve dolayısıyla amino asitlere ve nükleik asitlere ihtiyaç duyarlar. Yapı taşları karbon (C) ve azottur (N). Organik atıktaki nitrojenin bir kısmı bakterilere amino asit, nükleik asit ve protein sentezi için gerekli olan nitrojeni sağlarken geri kalanı uçucu yağ asitlerini tamponlayan ve pH düşüşlerini önleyen amonyağa dönüştürülür. Bu nedenle atıkların C/N oranı biyogaz oluşmasında önemli bir faktördür. C/N oranı küçükse, fazla nitrojen nedeniyle amonyak oluşumu artar, pH artışına ve alkali ortamda bakterilerin inhibisyonuna neden olurken, büyük C/N oranı bakterilerin ürememesine neden olur ve azot eksikliği nedeniyle çoğalır. Organik maddedeki en önemli karbon kaynakları karbonhidratlar, azot kaynakları ise protein, nitratlar ve amonyaktır. Azot değerinin az olması hücresel gelişimi engelleyerek verimi düşürür, azot oranının fazla olması durumunda da amonyak çoğalmasından dolayı pH değeri 8.5'a yaklaşır ve inhibasyona neden olur. Bu sebepten dolayı yanmayan, kötü kokulu gaz oluşmaktadır (Arnott, M., 1985).

Hayvan gübresinden biyogaz üreten atıktaki C/N oranı 15/1-30/1 arasında değişkenlik gösterir. Tipik olarak, bu oranı sağlamak için taze hayvan gübresi kullanılır. C/N oranı 15/1-30/1 arasında sağlıyorsa, hayvan atıklarını ayrıca ayarlamamak gerekmez (Öztürk M. 2003).

Çizelge 2.2. Organik maddelerin C/N oranı

Gübre	C % Kuru	N % Kuru	C/N Oranı	Taze Gübredeki Nem oranı (%)	Su ile Seyreltme
Sığır	30	1,16	18	80-85	01:01
Koyun	83,6	3,8	22	75-80	01:01
Kümes Hayvanı	87,5	6,55	14	70-80	01:03
Domuz	76	3,8	20	75-80	01:02
At	33,4	2,3	15	80-85	01:03
Kaz	54	2	27	70-80	01:03
Güvercin	50	2	25	70-80	01:03
İdrar	15	15	1	90-95	
Kan	36	12	3	90-95	
Balık Atığı	56	7	8	55-75	
Kesim hane Atığı	64	8	8	55-75	
Çiftlik	42	3	14	75-80	
EVSEL VE TARIMSAL ATIKLAR					
İnsan dışkısı	48	6	8	50-70	03:07
İdrarlı insan dışkısı	70	7	10	50-70	
Patates kabuğu	37,5	1,5	25	50-60	
Mutfak atığı	62,5	2,5	25	5-15	
Ekmek	50	2	25	50-60	
Gazete	40	0,05	800	5-15	
Taze çim	48	4	12	40-60	
Yulaf samanı	50,4	1,05	120	20-40	
Pirinç samanı	18	0,3	60	20-40	
Yapraklar	55	1	50	25-40	
Yer fıstığı Kabuğu	40	2	20	25-40	
Soya fasulyesi sapı	64	2	32	25-40	
Ağaç yaprakları	75	1,5	50	40-60	
Şeker kamışı	45	0,3	150	25-40	
Soya fasulyesi	17,5	3,5	5	25-40	
Pamuk tohumu	12,5	2,5	5	10-15	
Hardal	39	1,5	26	10-15	
Su sümbülü	30,4	1,9	16	85-90	

Çeşitli hayvan gübreleri ve evsel/tarımsal atıkların kuru bazda C, N, C/N oranı ile nem içeriği çizelge 2.2.'da verilmiştir (Öztürk M. 2003).

PH oranı

Metan gazının oluşmasına neden olan bakteriler nötr ya da hafif alkali ortamlarda yaşamaktadırlar. Fermentasyon prosesi anaerobik koşullar altında kararlı kalmaya devam

ederken, ortamın pH'ı tipik olarak 7-7.5 aralığında değişmektedir. Biyoreaktörün pH'ı 6,7'nin altında düşerse metan oluşturan bakteriler üzerinde toksik olan maddeler oluşur. Anaerobik arıtma için 6,8-7,8 pH aralığı idealdir. 6.5'in altındaki pH değerlerinde gaz üretimi tamamen düşer. Metan oluşturuucu bakteriler pH'ın düşmesiyle birlikte olumsuz biçimde etkilenir. Bunun sonucunda ortamdaki asit üreten bakteri sayısı artar. Reaktördeki yağ asidi miktarı belirli bir değerin üzerinde olduğunda metan oluşumu durmakta ve bu özellikle yükleme ve ani sıcaklık düşüşleri için bu durum olmaktadır. Biyoreaktörlerde pH azaltımı için iki farklı yaklaşım benimsenmiştir. İlk yöntem organik beslenmeyi durdurmaştır. Bu sayede ortamdaki metanojenik mikroorganizmaların sayısı artar ve yağ asidi konsantrasyonu azalır. pH uygun bir seviye dengesinde beslemeye devam edilir. Başka bir yaklaşımda ise kimyasal madde ortama ilave edilir. Bu yaklaşımın en önemli katkısı pH'ın kararlı hale hızlı olarak gelmesidir. Bununla birlikte dengesiz mikroorganizma konsantrasyonu düzelir (Varol, A.,2009).

Alkanite

Fermantasyon sırasında asetik asit, propiyonik asit, bütirik asit gibi uçucu asitler oluşur. Anaerobik sistemlerde uçucu asitlerin konsantrasyonunu arttırmak ve sistemi ani pH düşüşlerine karşı korumak için kullanılan değişken bir alkalinitedir. Bu amaçla tampon olarak alkali metaller (sodyum ve potasyum bikarbonat, kireç vb.) kullanılmaktadır. 2500 mg/l alkalinite, sistemi uçucu yağ asitlerinin neden olduğu ani pH düşüşlerine veya pH dalgalanmalarına karşı korumak için bir tampon görevi görür (Yiğit, N. 2007).

Toksik maddeler

Mineral iyonları, deterjanlar ve ağır metaller, anaerobik arıtmalarda mikroorganizmaların büyümesini engelleyerek toksik etkilere sahiptir. Az miktarda mineral iyonları (potasyum, magnezyum, sodyum, kalsiyum, amonyum ve kükürt) bakteri üremesini desteklerken ağır metaller toksiktir. 50-200 mg/litre. amonyum bakteri büyümesini desteklerken, 1500 mg/L. Amonyum bakteriler yüzeyinde toksik etkiye sahiptir. Aynı şekilde bakır, nikel, krom, çinko, kurşun gibi ağır olan metaller de çok düşük konsantrasyonlarda bakteri üremesi üzerinde verimli, yüksek konsantrasyonlarda toksik etki göstermektedir. Sabunlar, antibiyotikler, deterjanlar, organik çözücüler vb. bakterilerin metan üretim imkanını azaltabilir. Bu maddelerin hayvansal atıklarla karıştırılması engellenmelidir. Çizelge 2.3. de,

bakteri üremesi üzerinde toksik etkileri olan bazı maddelerin konsantrasyonlarını vermektedir (Öztürk M. 2003).

Çizelge 2.3. Anaerobik arıtmada çeşitli engelleyicilerin engelleme seviyesi

Engelleyiciler	Engelleme Seviyesi (mg/l)
Sülfat (SO_4^{-2})	5.000
Sosyüm klorür ve genel tuzlar (NACI)	40.000
Nitrat (N olarak hesaplanmıştır)	0
Bakır (CU^{-2})	100
Krom (Cr^{+3})	200
Nikel (Ni^{+2})	200-500
Sodyum (Na^{+1})	3.500-5.500
Potasyum (K^{+1})	2.500-4.500
Kalsiyum (Ca^{+2})	2.500-4.500
Magnezyum (Mg^{+2})	1.000-1.500
Mangan (Mn^{+2})	1.500 üzeri

Anaerobik arıtmada metan üretimi üzerine amonyak konsantrasyonunun olumlu ve olumsuz etkisi çizelge 2.4.'de verilmiştir (Öztürk M. 2003).

Çizelge 2.4. Amonyakın metan üretimi üzerine etkisi

Konsantrasyon (mgNH_3/LT)	Etkisi
5-200	Faydalı
200-1000	Ters etkisi yok
1500-3000	Yüksek pH değerlerinde muhtemelen engelleyici
>3000	Toksik

Besin değeri

Anaerobik bozulmada mikroorganizmalar cinslerine göre gıda ve vitaminlere ihtiyaç duyarlar. Gıdaların ve vitaminlerin bulunduğu ortamdaki miktarı mikroorganizmaların büyüme hızlarını ve etkinliklerini etkiler. Bazen de kullanılan malzemenin cinsine göre maksimum oranda metan üretmek için de mikroorganizmalar için uygun besin değerlerine sahip ortamların oluşturulması gerekir. Üretilecek metan oranı kullanılan besin içerisindeki protein, karbonhidrat ve yağ miktarına bağlıdır (Çelikkaya H. 2016).

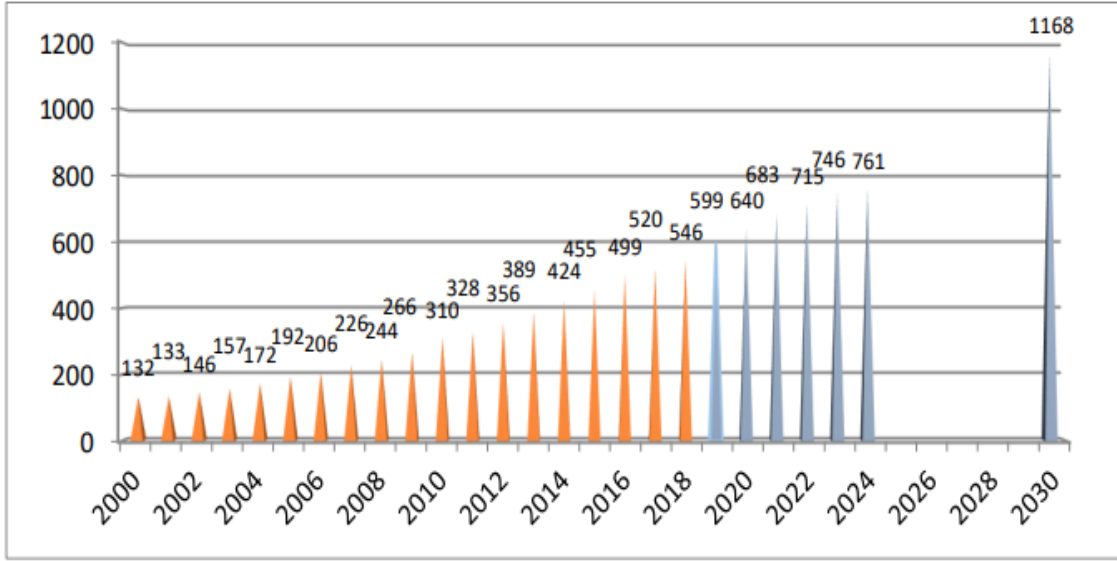
2.4. Dünya’da ve Türkiye’de Biyogaz Potansiyeli

2.4.1. Dünya’da biyogaz potansiyeli

Dünyada hedef olarak küresel biyoenerji kapasitesini 2024 yılına kadar %32 oranında artırarak 171GW'a çıkarmaktır. Bu, toplam yenilenebilir enerji kapasitesi büyümesinin yalnızca %3'ünü temsil ederken, biyoenerjinin 2024 yılı sonuna kadar yenilenebilir enerji üretiminin %8'ini oluşturacağı tahmin edilmektedir. Küresel kapasite ilaveleri 6-8 GW arasında sabit kalırken, Çin'in yeni kapasitenin %50'sinden fazlasını, asıl olarak katı biyokütle ortak üretimi ve atıktan enerjiye dönüştürme projeleri şeklinde oluşturması bekleniyor.

Hindistan ve Brezilya, şeker ve etanol endüstrileriyle bağlantılı küspe yakıtının ortak üretimi sebebiyle bir sonraki en çok büyüme oranındaki pazarlardır. Avrupa Birliği (A.B), 2018’de ulaştığı 3 GW ilave kapasitesiyle, 2011’deki rekor büyümeyi hala yakalayamıyor. Avrupa kapasitesinin, İngiltere, Hollanda ve Türkiye tarafından yönetilen gelişmekte olan biyogaz pazarları nedeniyle tüm tahmin dönemi süresince (2024'e kadar) 6 GW' dan daha az büyümesi bekleniyor.

Küresel biyoenerji üretimi 2015 yılında, 2014 seviyelerinden %8 artışla 455 TWh seviyesinde oldu. 2021 itibariyle, biyoenerji üretiminde yıllık ortalama %6 büyümeye ulaşacağı tahmin edilmektedir. 2015 yılında ABD 69 TWh ile biyoenerjiden en çok elektrik enerjisi üretimine sahip ülkedir. Sonrasında Çin (53 TWh) ve Almanya (51 TWh) takip etmektedir. Büyük pazarlardaki biyoenerji için ortalama senelik büyüme olasılığının en hızlı Asya'da gerçekleşmesi öngörülmektedir, özellikle de Tayland %9, Çin’de (%9) ve Japonya’da (%8) seviyesinde olması beklenmektedir (ORAN, 2020).



Not: Turuncu Gerçekleşen, Mavi Tahmin

Şekil 2.4. Sürdürülebilir kalkınma senaryosu kapsamında dünya biyokütle enerji üretimi, 2000-2030 (TWh)

Sürdürülebilir kalkınma senaryosu kapsamında dünya biyokütle enerji üretimi 2000 ile 2030 arasındaki grafik şekil 2.4.'de gösterilmiştir (Oran, 2020).

Biyogaz sektörü ağırlıklı olarak Avrupa'da büyümekte ve yenilenebilir enerjiye teşvikler verilmektedir. Almanya'da elektrik enerjisinin çoğu biyogaz enerjisinden karşılanmaktadır (Achinas, S., Achinas, V. ve Euverink, G., 2017).

2.4.2. Türkiye'de biyogaz potansiyeli

Ülkemizde 2022 yılı Temmuz ayı sonunda ülkemizin kurulu gücü 101.815 MW' a ulaşmıştır.

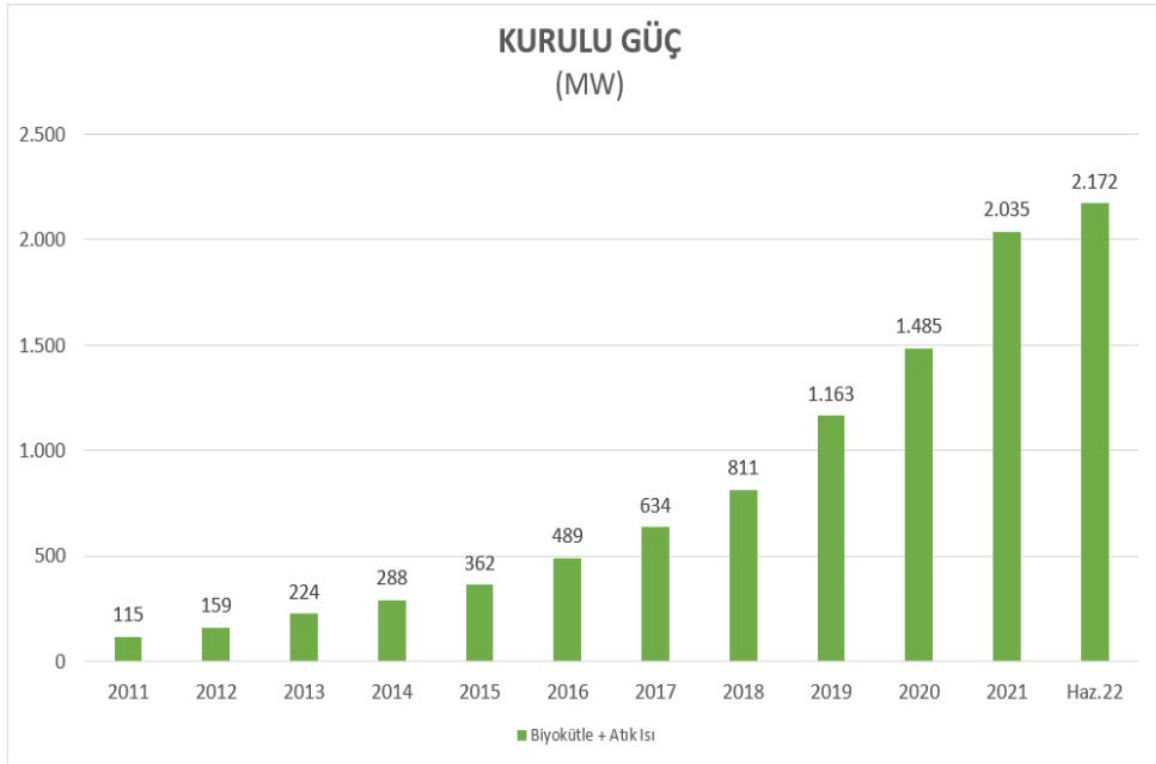
Temmuz ayı sonu itibari ile kaynaklara göre kurulu güç dağılımımız; %31 hidrolik enerji, %24,8 doğalgaz, %20,7 kömür, %10,9 rüzgar, %8,5 güneş, %1,7 jeotermal, %2 ,4'ü diğer kaynaklar oluşmaktadır.

Ayrıca temmuz ayı sonu (2022) itibariyle ülkemizdeki elektrik üretim santral sayısı (lisanssız santraller dahil) 10.953'e yükselmiştir. Mevcut santrallerin 750'si hidroelektrik, 67'si kömür, 356'sı rüzgar, 63'ü jeotermal, 347'si doğalgaz, 8.882'si güneş ve 488'i diğer enerji kaynaklarıdır.

Biyokütle enerjisi potansiyelimiz

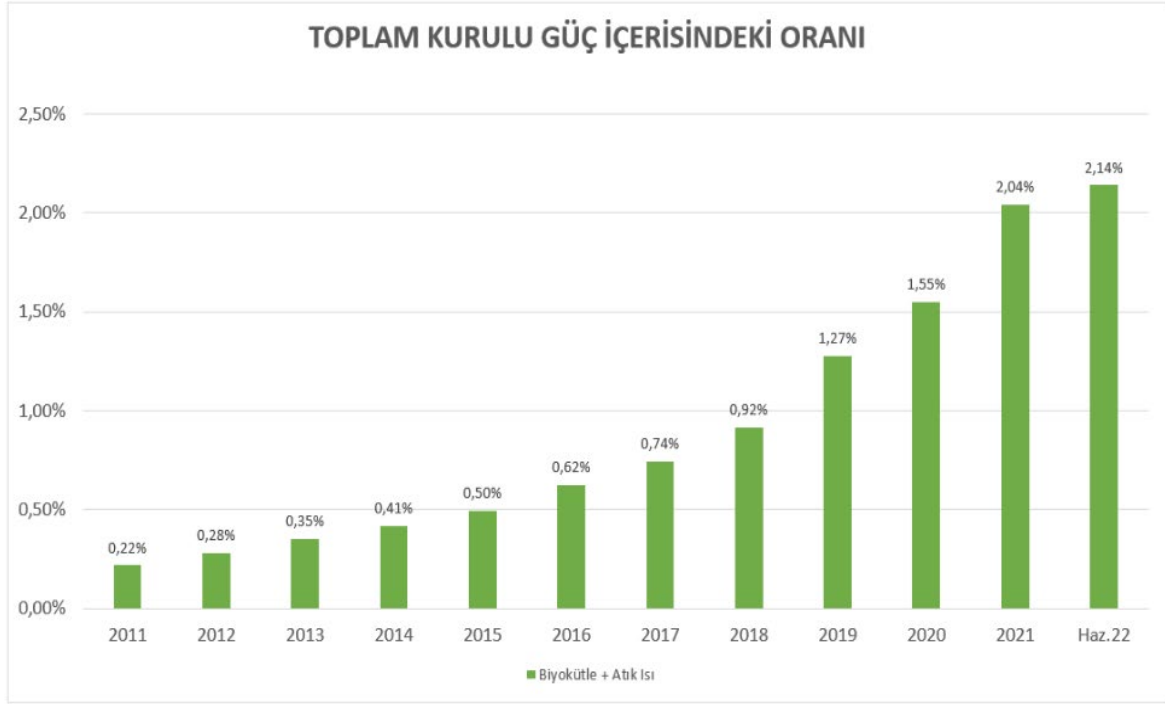
T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, biyokütle enerji varlığını belirlenmek için hazırlanan BEPA verilerine göre, toplayabileceğimiz atıkların mevcut ekonomik enerji eşdeğeri yaklaşık 3,9 MTEP/yıldır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı 2022).

2022 Haziran sonu itibariyle biyokütle ve atık ısı enerjisine dayalı kurulu güç 2.172 MW'ın toplam kurulu güç içindeki payı %2.14 olup, kurulu gücün seneler içinde büyümesi ve toplam kurulu güç içindeki payı aşağıdaki şekil 2.5.'de verilmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı 2022).



Şekil 2.5. Ülkemizde yıllara göre kurulu güç değişimi

Ülkemizde yıllara göre toplam kurulu güç içerisindeki oranı şekil 2.6. 'da gösterilmiştir. (T.C. Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı 2022).



Şekil 2.6. Ülkemizde yıllara göre toplam kurulu güç içerisindeki oranı

Tarım ve Hayvancılığın gelişmiş olduğu ülkemiz’ de, tarımsal ve hayvansal kaynaklı organik gübrelerin düzensiz bir şekilde bertarafı ya da depolanması, kokuya ve yeraltı ve yüzey sularının kirlenmesine neden olabilmektedir. Bu atıkların değerlendirilmesi, bir ülkenin ekonomik ve çevresel sağlığı için önemlidir. Bu atıklar biyogaz üretimi için kullanılırsa hem bu olumsuz etkiler azaltılabilir hem de biyogaz enerji üretim tesislerinde faydalanmak ülke ekonomisine çok katkı sağlanabilir. Ülkemizin kırsal kesimlerinde insanlar gündelik ihtiyaçlarını karşılamak (ısınmak ve yemek pişirmek) için gübre kurutularak tezek yapılmakta ve yakılmaktadır. Kurulan biyogaz tesislerinde gübre yakılmak yerine tercihen tarım arazilerine getirilmekte ve elde edilen biyogaz enerjisi yemek pişirme, su ısıtma ve yakıt ısıtmanın yanı sıra elektrik elde etmek için de kullanılabilir. Bunların dışında elde edilen gübre ile mevcut arazilerde yapay gübre yerine bu gübrelerin kullanılması yapay gübre kullanımını azaltacaktır (Çelik T. 2022).

T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji işleri genel müdürlüğü BEPA tarafından oluşturulan şekil 2.7.’de Türkiye’nin biyokütle enerji varlığını özetleyen değerlere aittir. Şekil 2.7.’de yer alan bilgilere göre Türkiye’de 17.497.113 büyükbaş hayvan, 46.117.399 küçükbaş hayvan ve 359.217.862 kümes hayvanı olması ile toplam 422832374 adet hayvan çıkmaktadır. Toplam hayvan sayılarından yılda 193878079 ton, hayvansal atıklara karşılık teorik enerji toplamı yılda 4385371 TEP’ tir. Ayrıca senede 62206754 ton bitkisel atıkların

toplam teorik enerji değerinin yılda 25384268 TEP olduğu görülmektedir. Belediye atıkların toplam miktarı yılda 32170975 ton ve teorik eşdeğer enerji ifadesi 3373011 TEP/yıldır.

 Nüfus :	82.003.882
 Hayvan Sayısı (adet) :	<u>422.832.374</u>
 Hayvansal Atık Miktarı (ton/yıl) :	<u>193.878.079</u>
 Hayvansal Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl) :	<u>4.385.371</u>
 Hayvansal Atıkların Ekonomik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl) :	<u>1.084.506</u>
 Bitkisel Üretim Miktarı (ton/yıl) :	<u>171.399.002</u>
 Bitkisel Atık Miktarı (ton/yıl) :	<u>62.206.754</u>
 Bitkisel Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	<u>25.384.268</u>
 Bitkisel Atıkların Ekonomik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl) :	<u>1.462.159</u>
 Belediye Atıkları Miktarı (ton/yıl) :	<u>32.170.975</u>
 Belediye Atıkların Teorik Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl) :	<u>3.373.011</u>
 Belediye Atıkların Ekonomik Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl) :	<u>485.858</u>
 Orman Varlığı Artıkları (ster / yıl) :	<u>3.914.904</u>
 Orman Varlığı Artıklarının Enerji Eşdeğeri (TEP / yıl) :	<u>859.899</u>
 Biyodizel İşleme Lisansı Sahibi Firmalar :	<u>8</u>
 Biyoetanol İşleme Lisansı Sahibi Firmalar :	<u>5</u>
 Biyokütle Kaynaklı Elektrik Üretim Santral Sayısı :	<u>199</u>
 Atıkların Toplam Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl) :	<u>34.002.549</u>

Şekil 2.7. Türkiye'ye ait genel bilgiler

Türkiye'nin biyokütle enerji varlığını özetleyen değerler şekil 2.7. de gösterilmiştir (Bepa, 2022).

Ülkemizde nüfus oranının artması ihtiyaç ve isteklerdeki artış kaynak tüketimini beraberinde getirmiş olup, bulunduğu coğrafi konum itibari ile zengin kaynaklara sahiptir. Ülkemizde tarım ve hayvancılık yaygın olduğu için tarımsal ve hayvansal atıklar biyogaz enerji kaynağı olarak değerlendirilebilir.

2.5. Biyogazın Üretiminin Yararları

Bitkisel ve hayvansal organik atık veya artık maddeler, genellikle yakılmakta ya da tarım arazilerine gübre biçiminde verilmektedir. Bu tür organik atıkların özellikle yakılması sonucu

ısı üretiminde de yaygın şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bu durumdan dolayı istenilen özellikteki ısı üretilmediği gibi, ısı üretimi sonucunda atıkların gübre olarak kullanılması da mümkün değildir.

- Biyogaz enerjisi organik kökenli atıklardan enerji elde edilmesine ve atıkların toprağa kazandırılmasına imkan vermektedir.
- Ucuz, çevre dostu bir enerji ve gübre kaynağıdır.
- Atık geri kazanımı sağlar.
- Hayvan gübresinde olabilen yabancı ot tohumları biyogaz üretimi sonunda çimlenme özelliğini kaybeder.
- Biyogaz üretimi sonunda hayvansal atıklarının kokusu önemli ölçüde yok olmaktadır.
- Biyogaz üretimi sonucunda organik atıklar yok olmamakta toprağa organik gübre olarak kazandırılmaktadır (Ercan D. 2021).

2.6. Biyogaz Üretimde Kullanılan Hammadde

Biyogaz enerji üretimi için başlıca kullanılan organik gübreler kaynaklarına göre hayvansal gübre, bitkisel atık, endüstri ve kentsel atıkları olmak üzere üç cinstir. Bu atıklar karıştırılarak veya tek başlarında kullanılabilir (Biyogazlar.blogspot, 2022).

2.6.1. Hayvansal atıklar

Büyükbaş ve küçükbaş hayvan gübreleri genel olarak hayvansal atıkları oluştururlar. Büyükbaş hayvan gübreleri genellikle inek, manda, at vs. hayvanların gübreleri oluşturmaktadır. Hayvan gübresi önemli bir biyogaz potansiyele sahiptir. Hayvanların yetiştirildiği ortam gübre miktarını etkilemektedir. Ortalama olarak hayvansal kaynaklı atıklar için;

- Sığır gübresi için 1 ton = 33 m³ /yıl biyogaz
- Kümes hayvanı gübresi için 1 ton = 78 m³ /yıl biyogaz
- Koyun gübresi için 1 ton = 58 m³ /yıl biyogaz kabulü yapılarak hesaplanmıştır (Çelik T., (2022).

2.6.2. Bitkisel atıklar

Bitkilerin kıyılma yapılmış saman, anız ve mısır atıkları, pancar yaprağı ve ot artıkları ve bitkisel ürünler gibi işlenmemiş kısımlarının işlenmesi sırasında oluşan atıklardır. Bitki artıklarını kullanan biyogaz tesislerinin işletilmesinde proses kontrolü çok önemlidir. Bu nedenle kırsal alanlarda bitki artıklarından biyogaz elde edilmesi önerilmemektedir (Fizibilite.info, 2022).

Mısır silajından 1 ton için $185m^3$ biyogaz elde edilir. Buğday ya da arpa samanından ortalama 1 Kg için 250lt biyogaz, % 60 civarında metan (CH_4) üretimi sağlanır. Ortalama olarak 450 litre biyogaz ve % 59' u metan (CH_4) mısır sapları ve atıklarından elde edilir (Olatunda, D., Süleyman, O., & Efevbokhan, V., 2017).

2.6.3. Kentsel ve Endüstriyel atıklar

Kanalizasyon ve tortu, kağıt endüstrisi ve gıda endüstrisinden gelen atıklar, yüksek konsantrasyonlarda Endüstriyel atıksular ve çözülmüş organik madde içeren evsel atıksular biyogaz üretiminde fayda sağlanılmaktadır. Bu tür atıklar özellikle kentsel alanlarda ve büyük sanayi tesislerinde modern teknoloji ile inşa edilen biyogaz üretim merkezlerinde kullanılmaktadır (Fizibilite.info, 2022).

Çizelge 2.5. Atıklardan üretilen biyogazın litre ve kg başına miktarları ve hacimce metan Oranları

Kaynak	Biyogaz verimi(litre/kg)	Metan oranı (Hacim %'si)
Sığır Gübresi	90-310	65
Kanathlı Gübresi	310-620	60
Buğday samanı	200-300	50-60
Çavdar samanı	200-300	59
Arpa samanı	290-310	59
Mısır sapları ve atıkları	380-460	59
Keten & Kenevir	360	59
Çimen	280-550	70
Sebze atıkları	330-360	Değişken
Ziraat atıkları	310-430	60-70

Yerfistiği kabuğu	365	-
Dökülmüş ağaç yaprakları	210-290	58
Algler	420-500	63
Atık su çamuru	310-800	65-80

Atıklardan üretilen biyogazın litre ve kg başına miktarları ve hacimce metan oranları çizelge 2.5. 'de gösterilmiştir (Fizibilite.info, 2022).

2.7. Biyogaz Uygulama Alanları

Biyogaz enerjisi doğalgazın kullanım sahası ile aşağı yukarı aynı olan bir enerji kaynağıdır. Elektrik enerji, konut ısıtma ve ısınma, su ısıtılması gibi birçok uygulama alanı kapsamaktadır. Biyogaz sıkıştırılarak tıpkı sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) gibi yakıt olarak motorlu taşıtlarda da kullanılabilir. Birleşimde bulunan metan içeriğinden yanma özelliği taşımaktadır. Yaklaşık %14 oranında hava ve biyogaz karışığında tam yanma gerçekleşir. Gaz gibi yakıtlarla çalışan ocak ve fırınlarda kullanılabilir. Biyogaz ile çalışan şofben çeşitlerinde de kullanılabilir. Vücut için sağlıklı olduğu için insanlar ısınma amaçlı kullanabilirler.



Şekil 2.8. Bir biyogaz tesisinden genel bir görüntü

Biyogaz, doğrudan yakılarak ve elektriğe enerjisine dönüştürülerek aydınlatma için de kullanılabilir. Tüm bunlara ek olarak doğrudan benzinli motorlarda da herhangi bir katkı maddesi olmadan veya içindeki metan gazı artırılarak kullanılabilir. Dizel motorda kullanılıyorsa motorin ile belirli oranlarda (%18-20) karıştırılmalıdır (Elektrikport, 2022).

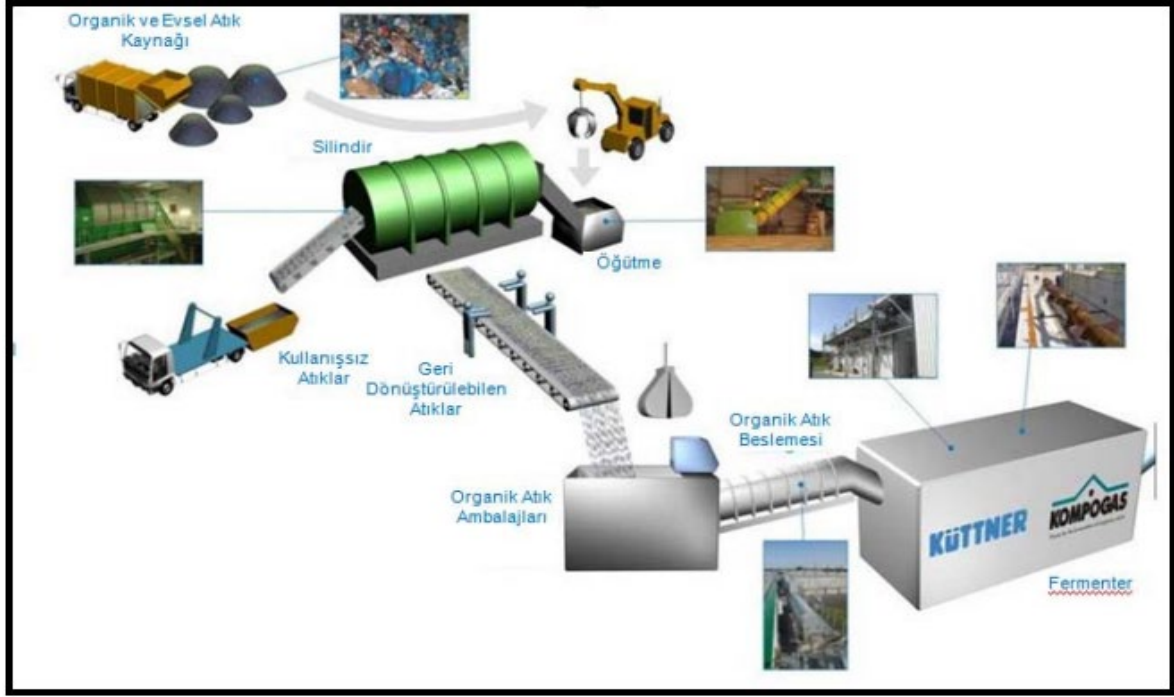
2.8. Biyogaz Üretim Tesisi Çeşitleri

Biyogaz üretim tesis çeşitleri genel olarak beş grupta ayrılmaktadır.

- 1- Belediye katı atık arıtma tesisleri
- 2- Endüstriyel biyogaz tesisleri
- 3-Atık su arıtma tesisleri
- 4- Tarımsal biyogaz tesisleri
 - Aile tipi biyogaz tesisleri
 - Çiftlik tipi biyogaz tesisleri
 - Merkezi biyogaz tesisleri
- 5- Çöp gazı geri kazanım tesisleri (Üregen Güler T., 2020).

2.8.1 Belediye katı atık arıtma tesisleri

Dünya genelinde birçok ülke, evsel katı atıklarını toplama alanlarında yakar veya başka bir şekilde bertaraf eder. Anaerobik çürütmede birçok evsel atık ürününün alternatif kullanımlar için kullanılabilmesi nedeniyle bunu yapmak çok fazla enerji gerektirir. Bu malzemeler, toplu halde biyogaz üretmek için bile kullanılabilir. Birçok modern insan, atıklarını işlemenin en uygun yolu olarak aerobik yöntemlerle atıkları ayırmayı düşünür. Organik atıklarla ilgili olarak bunun doğru prosedür olduğuna inanıyorlar. Mutfak atıkları son derece ıslak ve ayrılması zor olarak kabul edilir. Biyogaz oluşturmak için organik atıkların anaerobik çürütme ile kolayca emilebilecek bir forma dönüştürülmesi gerekir. Biyogaz yaratıcılarının çoğunluğunun kaynak olarak evsel atıkları kullanmasının nedeni budur. Bu, yalnızca bu malzemeleri gömme veya yakma ihtiyacını azaltmakla kalmaz, aynı zamanda geri dönüştürülecek malzeme miktarını da azaltır (Yokuş İ. 2011).



Şekil 2.9. Evsel katı atıklar için dizayn edilmiş biyogaz tesisi

Evsel katı atıklar için dizayn edilmiş bir biyogaz tesisinin şematik gösterimi şekil 2.9'da gösterilmiştir (Yokuş İ. 2011).

2.8.2 Endüstriyel biyogaz tesisleri

Endüstriyel biyogaz tesisleri, çevrenin muhafaza edilmesine büyük katkı sağlayan, enerji taleplerinin karşılanmasına yardımcı olan ve atıkları çevre dostu bir şekilde değerlendiren besin geri kazanımı yoluyla atık bertaraf maliyetlerini en aza indirir (Üregen Güler, T., 2020).



Şekil 2.10. Süttaş biyogaz ve elektrik üretim tesisi

Endüstriyel bir biyogaz ve elektrik üretim tesisi gösterimi şekil 2.10'da gösterilmektedir (Sütaş, 2022).

2.8.3. Atık su arıtma tesisleri

Günümüzde su kaynakları hızla azalma görülmektedir. Bunun yanında artan nüfus ve sanayideki büyüme su kullanımını çoğaltmaktadır. Bu durum kaynak tüketimini ve kullanılan su maliyetlerini yükseltmektedir. Önümüzdeki yıllarda daha da önem kazanacak çevre dostu yöntemlerin yanı sıra su kullanımının artırılması ve maliyetlerin düşürülmesinde de geri dönüşüm önemli hale gelecektir. Teknoloji geliştikçe bu geri dönüşüm tesisleri daha kolay hale geldi ve maliyetler düşürülerek erişilebilir hale getirildi (Artemisaritim, 2022).



Şekil 2.11. Atık su arıtma tesisi

Atık su arıtma tesisinin gösterimi şekil 2.11'de gösterilmektedir. (Aski, 2022)

2.8.4. Tarımsal biyogaz tesisleri

- Aile tipi biyogaz tesisleri: 6 -12 m³ kapasiteli
- Çiftlik tipi biyogaz tesisleri: 50 -100 -150- m³ kapasiteli
- Merkezi biyogaz tesisleri: 100- 200 m³ kapasiteli

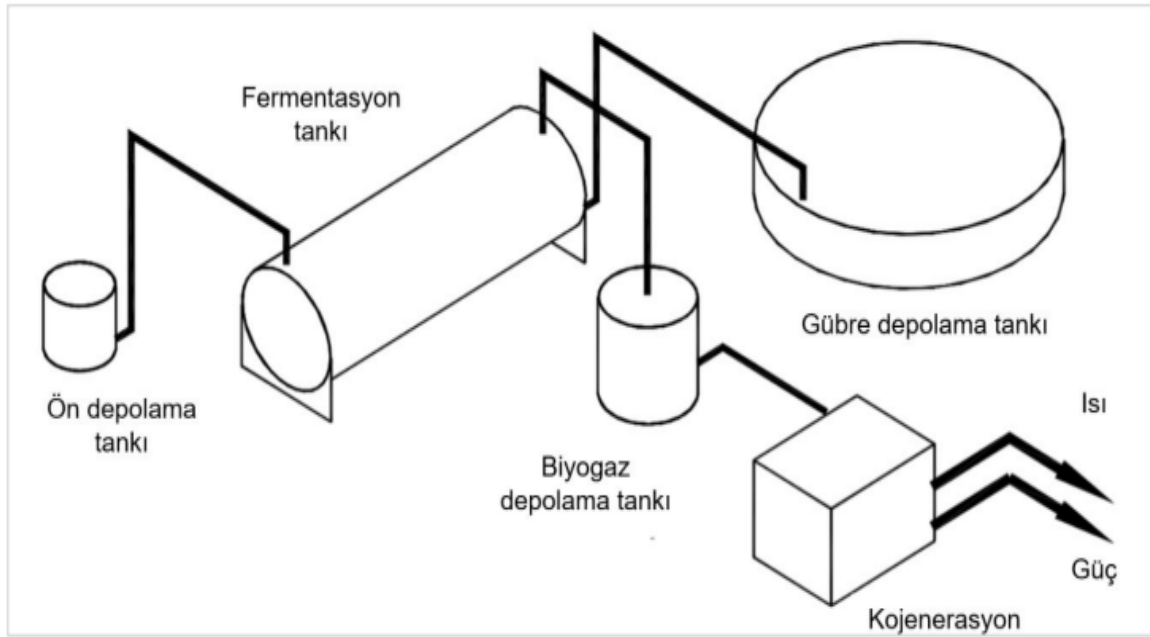
Aile tipi biyogaz tesisleri

Özellikle Çin'de kullanım yerine yakın yerlerde yaygın olarak kullanılmakta ve 6-12m³ kapasiteli tesislerdir. Çok küçük biyogaz tesislerinden çıkan biyogaz için ayrı bir depolama

alanı oluşturulmaz ve tesisin kubbe bölümünde toplanır. Bu durumda tesisat, gaz basıncının düşmemesi için kullanım tesis yerine yakın inşa edilir (Baştan Töke L. 2021).

Çiftlik tipi biyogaz tesisleri

Çiftlik bazlı biyogaz tesislerinin tasarımında ortak bir prensip vardır. Hayvan gübresi, içine pompalandığı kapalı bir fermenter, sıcaklığı korumak için çelik veya betondan yapılmış hava geçirmez bir yapıya sahip bir ön depolama tankına alınır. Çiftlik tipi biyogaz tesisinin fermantasyon tankı, şekilde gösterildiği gibi yatay veya dikey olarak kurulabilir. Bu tesislerde HBS (Hidrolik bekletme süresi), atık türüne ve ortam sıcaklığına göre değişmekle birlikte ortalama 20-40 gün arasındadır. Üretilen gaz, elektrik ve ısı üretmek için kullanılır. Üretilen ısı ve elektriğin yaklaşık %10-30'u çiftlikte kullanılmakta, kalanı satılabilmektedir. Çiftlik tipi biyogaz istasyonunun akış şeması şekilde gösterilmiştir (Al Seadi vd. 2008).



Şekil 2.12. Çiftlik tipi biyogaz tesisinin görünümü

Çiftlik tipi biyogaz tesisinin genel bir görünümü şekil 2.12 de gösterilmektedir (Al Seadi vd. 2008).

Merkezi biyogaz tesisleri

Birçok çiftlikten alınan hayvan ve bitki atıkları, merkezi bir toplama sahada toplanır. Bu tesisler genellikle bu toplama sahasına kurulur. Bu tesisler, biyokütle ve gaz naklinde tesis giderleri, işçilik ve zamanın zayı olmasını azaltmak için tasarlanmıştır. Bu tesislerde

sindirilebilir tarımsal atıklar, gıda ve balıkçılık atıkları, ayrı toplanan evsel kaynaklı atıklar ve kanalizasyon atıkları kullanılabilir olacaktır.



Şekil 2.13. Biyogaz Tesisi

Bu tür tesisler, Danimarka öncü olmak üzere dünya da hayvancılık faaliyetlerinin yoğun olduğu birçok bölgede yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 2.13.'de bir biyogaz tesisi görünümü gösterilmektedir (Baştan Töke L.2021).

2.8.5. Çöp gazı geri kazanım tesisleri

Depolama alanları, tahallül sürecinin yaşına bakılmaksızın yetişkin anaerobik bitkiler olarak kabul edilebilir. Çöp gazı, içerik olarak biyogaza benzer, ancak sahada atık ayrışma nedeniyle kaynaklanan zehirli gazlar içermektedir. Çöp gazı geri kazanım olarak, yalnızca çevreye fayda sağlayan ve emisyonları azaltan değil, aynı zamanda daha hızlı çöp depolama stabilizasyonu ve gaz kullanımından elde edilen gelirden de yararlanan ucuz bir enerji kaynağıdır. Depolama sahalarının uzaklığı sebebiyle, çöp gazı genellikle elektrik üretmek için kullanılır, hemen hemen alan ısıtmadan taşıt yakıtına ve sıhhi tesisata kadar tüm gaz kullanımları için uygundur (Üregen Güler T, 2020).

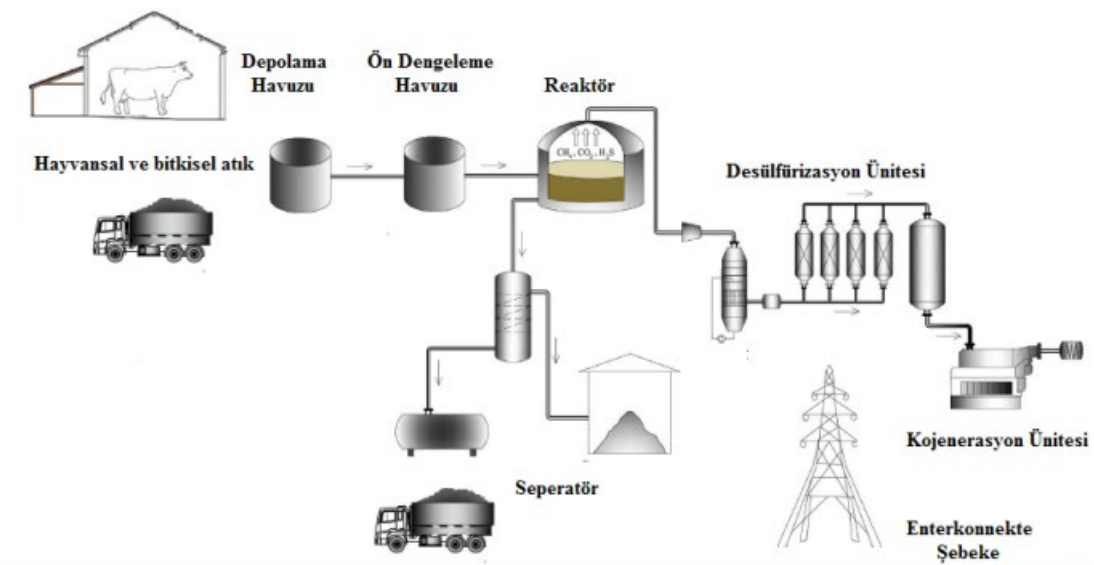


Şekil 2.14. Seymen çöp gazından elektrik üretim tesisi

Çöp gazından elektrik üretim tesisi genel bir görünümü şekil 2.14.'de gösterilmektedir (Yeo, 2022).

2.9. Biyogaz Tesisi Bileşenleri

Biyogaz üretim tesisleri genel olarak biyogaz reaktörleri, depolama tankları, ön denge tankları, ayırıcılar, desülfürizasyon ünitesi ve kojenerasyon enerji cihazlarından oluşmaktadır. Biyogaz tesisi birleşenleri şekil 2.15' de gösterilmektedir (Ceylan A.B.,2020).



Şekil 2.15. Biyogaz tesisi birleşenleri

Kuruluşta atılan atıklar toplanmakta ve depolama haznesine taşınmaktadır. Bir kısım yerlerde boru tesisatı vardır. Bir kısım yerlerde ulaşım kamyonlarla yapılır. Depolama haznesinde toplanan atıklar dalgıç karıştırıcı ile karıştırılmaktadır. Gerekirse karışık hale getirmek için sisteme su verilir. Bu şekilde atıkların dibe şökmemesi sağlanır. Dalgıç pompa ile depolama tankından çekilen atıklar, ön dengeleme tankına yönlendirilecektir.

Sistem ön dengeleme tankından yeniden karışım yapacak ve atık dibe şökmesi engellenecektir. Burada bir debimetre yardımı ile gerekli ölçüler alınır ve buna göre atıkların gideceği yer belirlenir. Biyogaz reaktörlerine veya depolama havuzlarına taşınır. Biyogaz reaktörlerinde bulunan karıştırıcılar kullanılarak atıklar eşit olarak dağıtılır. Homojen karışımın şökmemesi için reaktördeki sistem karıştırıcı ile karıştırılır (Ceylan A.B.,2020).

Biyogaz reaktörünü ısıtmak, sıcak su boruları vasıtasıyla sağlanır. Her bakteri türünün belirli bir çalışma süresi aralığı vardır. Çalışma aralığı bu şartlara göre ayarlanmaktadır. Koşullara bağlı olarak psikrofilik, mezofilik, termofilik sıcaklıklarda ortaya çıkar. Biyogaz reaktörü içindeki borular vasıtasıyla çürütölmüş atık iki ayrı hatta iletilir. İlk sıra atık depolama haznesine, diğer sıra ise ön dengeleme haznesine iletilir.

Depolama tankına gelen atık separatör besleme pompası yardımıyla debimetre ile ölçölür ve uygun şekilde ayrı bir hatta gönderilir. Çıkış tankına giren atıklar önce mevcut bir separatöre veya ön dengeleme tankına gönderilerek atıktan su alınır.

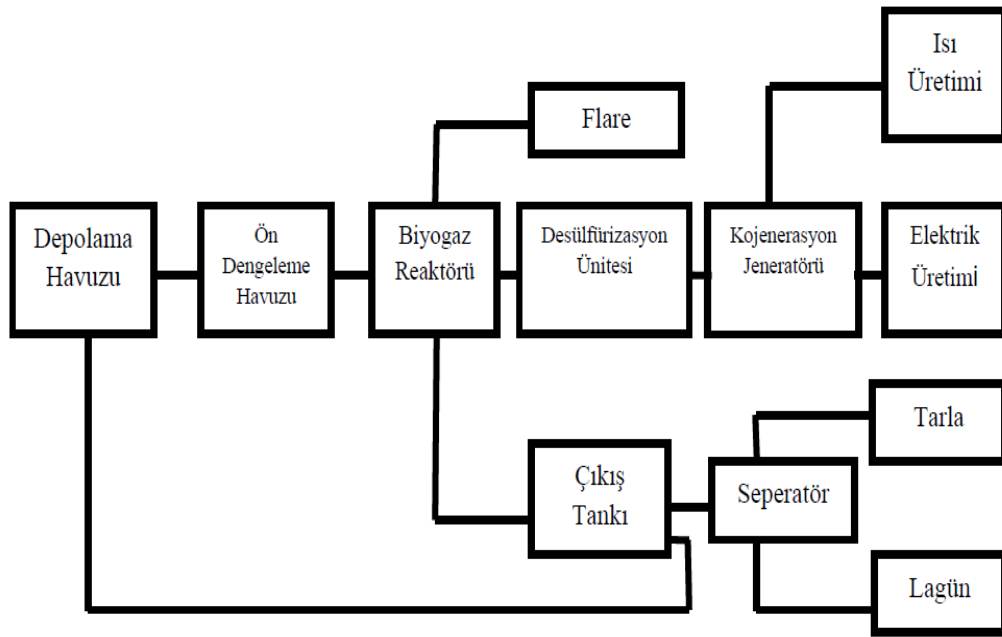
Seperatöre giren atık gübre kamyonu yüklenir. Kamyonlar yardımıyla tarlalara gübre olarak taşınır. Elde edilen permente su borular yardımıyla lagüne taşınır. Ön dengeleme tankında kalan atıklar depolama için bekletilir. Gerekli bekleme süresinden sonra tekrar sisteme alınır.

Biyogaz reaktörü içerisinde pompa ve karıştırıcılar bulunur. Gelen atıklar pompa vasıtasıyla reaktör içerisine verilir. Biyogaz reaktörü içerisinde bulunan karıştırıcılar atıkları karıştırarak bakterilerin katkılarıyla reaksiyona girmesi istenir. Bunun neticesinde biyogaz açığa çıkmaktadır. Reaktör de üretilen biyogaz, biyogaz balonlarında depolanır. Balonun şişik halde tutmak için biyogaz balonunun içinde hava basılır. Balondan alınan biyogaz içerisinde bulunan köpük tutucudan geçirilerek uzaklaştırılır. Biyogaz içerisindeki S gazının giderimi için desülfirizasyon birimine iletilir. Hidrojen sülfat gazı demiri ayırma özelliklerine sahiptir. Bu, sistemdeki birçok aksama zarar verebilir. Bu durumdan en çok

etkilenen kojenerasyon jeneratörüdür. Nem alma cihazından geçen biyogaz, nemi alınır ve yakılır güç ünitesine gönderilir.

Kojenerasyon ünitesine giren biyogaz yakılarak ısı ve elektriğe dönüştürülür. Kojenerasyondan elde edilen ısı enerjisi sıcak su olarak kullanılmaktadır. Biyogaz reaktörünün içinden geçen plastik borular, sıcak su pompasının kullanılması ile reaktörün ısınmasını sağlar. Üretilen elektrik enerjisi, ihtiyaç halinde enterkonekte sistemlerine de sağlanabilmekte veya kuruluş içerisinde kullanılabilir.

Meydana gelen biyogaz kojenerasyon ünitesine sağlanma yapılmıyorsa biyogaz fanı yardımıyla atık yakma bacasıyla havaya atılır.



Şekil 2.16. Biyogaz kontrol blok diyagramı

Biyogaz üretimi için blok diyagram gösterilmektedir. Flare; eğer kabul görmeyen bir payda biyogaz oluşumu sağlanırsa metan gazını ısı ve elektriğe dönüştürmek için kullanılmadığı takdirde metanın yanması için baca benzeri bir düzenektir. Gaz yakıldıktan sonra atmosfere verilir. Isı üretimi yapıldıktan sonra ceket pompa yardımıyla sıcak su eşanjöre verilmektedir. Eşanjörden gelen su sekonder pompa vasıtasıyla sisteme verilmektedir. Böylece reaktör içerisinde ısıtılmasını sağlar (Ceylan A.B., 2020).

2.9.1. Reaktör

Organik maddenin doldurulduğu depodur. Reaktör, tasarım şekli olarak hava almayacak biçimde ve içerisinde bir karıştırıcı bulunan tanktır. Tankta bir ısıtıcı bulunur. Biyogaz üretimi için organik atık substraktının reaktör içerisinde 35°C'nin altında olmamalıdır. Reaktör ısısı düştükçe gaz üretimi de düşer.

2.9.2. Gaz deposu

Büyük oranlı kuruluşlarda oluşan biyogazı toplama ve gaz basıncını sabitlemek için kullanılmak üzere bir tanktır. Reaktörden gazlar tanka iletilir. Tankta tutulan gaz kullanıma gönderilir. Kullanımdan kalan gaz depoda tutulur.

2.9.3. Organik madde deposu

Biyogaz üretimi için reaktörlere uygulanan organik maddenin kuru madde oranının % 8-10'u geçmemelidir. Bu, büyükbaş hayvan gübresi kullanıldığında atığın 1/1 oranında su ile karıştırılması mantıklı gelir. Bu malzeme fermentasyon zamanı sonrası reaktörden aynı şekilde ayrılacaktır. Sıvı hale gelen bu substrakt halindeki gübreyi depolamak için çimentodan dan yapılan havuz biçiminde bir gübre tankına ihtiyaç vardır.

Biyogaz tesislerinde reaktör, gaz deposu ve organik madde deposu gibi üç ana ünitenin dışında diğer ekipmanlar alt kısımda yer almaktadır (Gülen J., Arslan H. 2005).

Atık hazırlama veya kabul ünitesi: Hammaddelerin fermentörlere yüklenmesinden önce nihai depolandığı, farklı malzemelerin kuru madde oranlarında karıştırıldığı ön alım deposudur.

Isıtma sistemi: Bir ısıtma sistemini kullanarak, biyogaz üretimini optimize etmek için fermentörü belirli sıcaklıkta tutulmasını sağlar.

Fermantör: İstenen kuru madde oranına göre hazırlanarak biyogaz üretmek üzere gönderilen gübreler sistemde bakteriler vasıtasıyla çürütülerek biyogaz üretimi sağlanan depodur.

Nihai depo: Biyogaz üretiminden sonra kalan gübrelerin katı veya sıvı olarak muhafaza edildiği depodur.

Kojenerasyon ünitesi: Biyogaz işlendikten sonra elektriğe ve ısıya transformasyon sağlayan sistemdir.

Separatör: Fermantörde sonra malzeme separatör tarafından katı ve sıvı hale ayrılır.

Gaz hatları/valfleri ve bağlantı elemanları: Biyogaz oluşu sonunda taşınması için gerekli olan ve genellikle paslanmaz malzemedan imal edilen borular ekipmanlarıdır.

Pompalar: Üniteler arası gübrelerin transferini sağlayan ekipmanlardır.

Karıştırıcılar: Ön depoda ve fermantörde atıkların çökelmemesi için kullanılan ekipmandır (Kaya D., çoban V., Çağman S., Eyidoğan M. 2015).

Biyogaz tesislerindeki karıştırıcıların işlevleri şunlardır:

- Taze bileşenlerin, bakteri popülasyonuna homojen olarak karıştırmak.
- Çökelmelere ve heterojeniteye karşı koruma.
- Sıcaklık dağılımını homojen hale getirmek.
- Reaktör içerisinde bakteri popülasyonunu iyice dağıtmak.
- Reaktör içerisinde heterojen ölü bölgeler oluşturmamak (Gülen J., Arslan H. 2005).

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Aşçı (2018), yapmış olduğu çalışmada; Hatay ilindeki biyogaz enerjisi üretim potansiyelini incelemiştir. Tarım ve hayvancılık ilde önemli yaşam kaynaklarından birisidir. Bu sebepten dolayı fazla miktarda değerlendirilmesi gerekli biyogaz enerji potansiyeli barındırmaktadır. Hatay ilinde hayvansal gübreler kullanılarak her yıl yaklaşık 52.000.000 m³ biyogaz elde edilebileceğini ve biyogazın değerlendirilmesi sonucu 244 GWh değerinde enerji üretilebileceğini, bu üretilen biyogaz enerjisinin karbondioksit salınımının 211.490 ton da azalabileceği belirtmiştir. Biyogaz üretimi için gerekli olan tesis maliyetin ise 234.900.000 TL olacağını hesaplayarak, tesisin kendini 3.5 yılda amorti ettiği belirtilmiştir.

Ay (2020), yaptığı çalışmada; Kahramanmaraş ilinin hayvansal atık kullanarak biyogaz enerji potansiyelini ve elektrik üretimi literatür verileri kullanılarak beş farklı yöntem belirtmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak sonuç olarak, Kahramanmaraş ilinin yıllık oranı hesaplanmıştır. Teorik çerçevede yıllık 37,5 milyon metreküp ile 137,2 milyon m³ arasında değiştiğini belirtmiştir. Yapılan hesaplama sonucunda yıllık elektrik enerjisi 94,8 GWh-264,8Gwh arasında olduğu belirtilmiştir. Bu veriler, dört kişilik bir ailenin olduğu 34.288-95.775 arası evin elektrik enerjisini karşılayabilmektedir. Üretilen bu elektrik enerjisi ile Kahramanmaraş ilinin Enerji ihtiyacının %3,8 - %10,6 aralığında karşılanabileceği belirlendi. Biyogaz enerji tesisi için kurulum maliyetinin yaklaşık 334.216.474,8 TL olduğu ve ilde kurulan bu tesisin faaliyete geçmesiyle kendini 4 yılda amorti edebileceği belirlenmiştir.

Ceylan (2020), yaptığı çalışmada; Manisa ilinde biyogaz tesis analizi ve elektrik enerjisi üretim potansiyeli üzerine çalışma yapmıştır. Yaptığı incelemede bir biyogaz tesisinin kısımlarını çalışmıştır. Manisa ili geneli için hayvansal atık potansiyeli hesaplamaları yapmıştır. Manisa ili genelinde biyogaz enerji varlığını incelemiş ve Mathematica programı ile gerekli olan hesaplamaları yapılmıştır. Hesaplamalar ve optimizasyonlar neticesinde Manisa ilinde Gölarmara, Salihli ve Ahmetli ilçeleri üçgeni etrafında bir biyogaz enerji tesisinin yapılmasının daha uygun olacağı neticesine varılmıştır. Tesis tamamlandığında yılda 61 GWh elektrik enerjisi üretimi olacağı belirlenmiştir.

Özçelik (2020), yaptığı çalışmada; Konya ili Beyşehir ilçesinde hayvan gübresinin biyogaz potansiyelini araştırdı. Araştırmasında büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvan sayıları dikkate alınarak hayvan gübrelerinde üretilebilecek biyogaz hesabı yapılmıştır. Konya ili

Beyşehir ilçesi TÜİK verilerine göre 2019 yılı hayvan sayıları; 44.055 adet büyükbaş, 33.300 adet küçükbaş ve 14.930 adet kümes büyük hayvanı olduğu belirlenmiştir. Yıllık üretim 394.742 ton büyükbaş, 30.386 ton küçükbaş ve 1.035 ton kanatlı hayvan gübresidir. Bu atıklardan elde edilen kuru maddeden 31.150 tondur. Bu kuru madde maliyetinin enerji değeri 141.419 GJ olarak hesaplanmıştır.

Alibaş ve ark. (2015), yaptıkları çalışmalarında Diyarbakır ilindeki tarımsal atık kaynaklı biyogaz potansiyeline bakmışlardır. 2010-2014 yılları arasındaki tarımsal üretim ve hayvancılık üretim verilerine dayalı olarak yaptıkları çalışmada, Diyarbakır ilindeki tarımsal atık bazlı biyogaz potansiyeli ilçelere göre belirlenmiş ve 2010-2014 seneleri arası Diyarbakır ilindeki ortalama hayvansal gübre biyogaz potansiyeli 50,8 milyon m³/yıl olduğu ve buna karşılık gelen potansiyel elektrik enerjisine dönüştürülerek yılda 96,05 GWh enerji üreteceği hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalarda bitkisel atık kaynaklı biyogaz potansiyeli 827,4 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu potansiyel enerjinin elektrik enerjisine çevrilmesiyle yılda 1623,37 GWh enerji elde edilebileceği belirlenmiştir. İlçelere göre potansiyeli en fazla % 21,76 oranı ile Bismil ilçesi sahip olurken, onu %15,79 oranı ile Sur, %13,34 oranı ile Silvan, %12,19 oranı ile Çınar ve %10,04 oranı ile Ergani ilçeleri izlediğini belirtmiştir. Toplam biyogaz potansiyeli hayvansal ve bitkisel atık kaynaklı elektrik enerjisi yılda 1719.43 GWh olduğu hesaplanmıştır.

Görmüş C. (2018), Yapmış olduğu çalışmada Türkiye’de hayvan gübrelerinden biyogaz potansiyelini ve haritalanmasını amaçlayarak çalışma yapmış. Bu çalışmada 2016 senesine ait TÜİK verilerini kullanarak Türkiye’deki büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvan sayıları kullanılarak üretilebilecek biyogaz enerji potansiyeli hesaplanmıştır. Türkiye’de 2016 senesinde büyükbaş hayvan, küçükbaş hayvan ve kümes hayvanı sayıları; büyükbaş hayvan adeti: 14.222.228, küçükbaş hayvan adeti: 41.329.232 ve kümes hayvan adeti: 333.541.262 olarak belirlenmiştir. Buna karşılık gelen toplam atık miktarı 627.373.383,16 kg/gün olduğunu hesaplamıştır. Türkiye’ de bu hayvansal kaynaklı atıklardan oluşan metan miktarını yılda 3.616.980.957,52 m³ olarak bulmuştur.

Al-Maghalseh ve ark. (2017), yaptıkları araştırmada, Filistin’de biyogaz enerjisine dayalı santral tasarım ve maliyetini incelemiş ve yapılan inceleme sonucunda elektrik üretiminin mümkün olduğunu belirlemiştir. Cenin valiliği batı Şeria’daki toplam biyogaz enerji potansiyeli %29’a ulaşan en yüksek potansiyele sahiptir. Bu durumda Cenin şehrinde 7MW tasarımlı bir biyogaz enerji santrali ve maliyet analizi yapmışlardır. Yapılan bu çalışma

sonucunda Cenin şehri Qabatiya kasabasında bulunmakta olan gerçek bir besleyici üzerinde bu bitkinin etkisini incelemişlerdir.

İllez B., (2020), yapmış olduğu çalışmada Türkiye’de biyokütlenin enerji potansiyeli birincil enerji kaynakları mevcut durumu 1990 yılında %10,3’ünü oluştururken 2018’de gelindiğinde bu pay %10,5 değerindedir. 2018 senesinde Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları bakımından biyokütle enerjisi oranı %15,5 iken dünyada ise bu oran %70’e yakın olduğunu belirtmiştir.

Mukumba vd. (2013), tarafından yapılan çalışmada, Zimbabwe Lisesi’nde biyogaz potansiyelinden faydalanmak için bir çalışma yürütmüştür. Okulu ulusal elektrik şebekesine bağlanmış, fakat şebekede oluşan yüksek yük talepleri sebebiyle okulun güç beslemesinde kesintiler olmuştur. Okulun toplam enerji ihtiyacı günlük 2710 kWh, biyogaz ile elde edilen enerji ise 450 kWh/gün’ dür. Bu çalışma sonucu yapılan inceleme, bir okulun enerji ihtiyacı toplamının %16’sının biyogaz kullanılarak karşılanabileceğini göstermiştir. Araştırma sonuçları; hammaddelerin ürettiği toplam biyogaz hacminin günde 50 metreküp, inek gübresinin günde 18 metreküp, tavuk gübresinin günde 4 metreküp, insan gübresinin 28 metreküp olduğu tespit edildi. Çürütücü hacmi sığır gübresi için 50 m³ ve tavuk gübresi için 27 m³ ve insan atıkları için 37 m³ olarak bulunmuştur. Bu yapılan çalışma sonucunda yatırım maliyeti toplamının 9957 \$ ve SPBP 2 yıl olarak bulunmuştur.

Al Seadi vd. (2008), ortaya koydukları incelemede, biyogaz teknolojileri üzerinde temel veriler verilmiştir. Oksijensiz bozulma evreleri, biyogaz oluşumunu etkileyen faktörler hakkında bilgileri irdelemiştir. Bunun yanında, biyogaz santrali bileşenleri ve biyogaz teknolojilerini incelemede bulunmuştur.

Kavuma, C. (2013), biyogaz tesislerinde metan ve karbondioksit üretimindeki değişiklikleri değerlendirmiştir. Farklı hammaddelerden metan ve karbondioksit üretimini incelemek için laboratuvar ölçeğinde bir kesikli çürütücü (5 litre) tasarladı ve üretti. Kullanılan hammadde; inek atıkları, domuz atıkları ve 1/1 oranında domuz ve inek atıkları karışımıdır. Bu karışım sonucunda üretilen biyogaz hacmindeki maksimum metan üretimi %61,2’dir. Çalışmanın sonuçlarına göre, deneyin başlamasından sonraki (15-18) gün aralığında maksimum metan üretimine ulaştı. Çalışmalar, metan ve karbondioksit yüzdelerinin büyük ölçüde hammaddelere bağlı olduğunu göstermiştir. Hidrojen sülfür gibi belirli eser gazların varlığı metan üretimini engeller ve bu da metan üreten bakterileri sınırlar.

Kalyuzhnyi S. (2008), Rusya'da üretilen atıklardan biyogaz potansiyeli üzerinde çalışma yapmıştır. Bu çalışma sonucunda Rusya'daki mevcut domuz, küçükbaş hayvan, büyükbaş hayvan ve kümes hayvanı sayısı belirlenmiş ve sonrasında toplam gübre miktarı ve biyogaz üretim potansiyeli hesaplanmaktadır. Ayrıca tarımsal-endüstriyel atıklar hesaplanarak yıllık atık, metan ve gübre potansiyelleri hesaplanmaktadır. Bunun yanında, belediye katı atığı, atık su çamuru ve düzenli depolama alanlarından potansiyel kazanımlar belirlenmiştir. Sonrasında ise biyogaz tesislerinde kullanılacak mikrobiyal yakıt hücrelerinin yerli tesislerde uygulanabilirliği araştırılmıştır.

Boyacı (2017), araştırmasında, Kırşehir ili ve ilçelerinde 155.999 adet büyükbaş, 219.317 adet küçükbaş ve 972.119 adet kanatlı hayvan mevcuttur. Bulunan hayvan sayısı toplam 1.347.435'tir. Mevcut hayvan gübresinden elde edilen gübre miktarını kullanarak biyogaz üretim potansiyelini tespit etmiştir. Buna karşılık, yıllık toplam hayvan sayısından elde edilen gübre miktarı 736.504,9 ton/yıl olarak hesaplandığında, kullanılacak atık miktarı 406.168,3 ton/yıl olup, hayvansal atıkların %81,09'u büyükbaş hayvan, %7,79'u küçükbaş hayvan ve %11,12 ise kanatlılardan elde edilen atıklardan oluşacağını belirtmektedir. İlin hayvan gübresinden yılda 14.855.273 metreküp biyogaz üretebileceğini vurguladı. Elde edilen biyogaz değeri 69.819.781 kWh elektrik, 11.141.454,4 L benzin veya 9.804.479,9 L motorine eşit olduğunu hesaplamıştır.

Bursa da büyükbaş hayvan atıkları kullanılarak biyogaz ve elektrik üretimin belirlenmesi için çalışma yapışlardır. Araştırma materyali olarak Bursa ilinde büyükbaş hayvan sayıları kullanmışlardır. Bursa ilinin gübre üretim potansiyelinin süt sığırlarında yılda 1.388.022.92 ton, besi sığırlarında yılda 38.911.433 ton olmak üzere toplam 177.713.724 ton olduğunu belirlemişlerdir. Hayvan Atıkların biyogaz enerjisi olarak değerlendirilmesiyle yılda 4.099.034.545 m³ biyogaz üretiminin uygulanabilir olduğunu ortaya koymuşlardır. Elde edilen biyogaz değeri ile yılda 19.265.462.361 kWh elektrik enerjisinin üretilebileceğini hesaplamışlardır (Yılmaz, H. İ. & Karadağ, F. 2019).

Çalışmalarında Tekirdağ ilinde hayvan gübresi kullanılarak üretilebilecek biyogaz ve elektrik miktarını belirlemişler ve Tekirdağ'daki tüm hayvan varlığını (büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları) araştırma kapsamına dahil etmişlerdir. Araştırmalarına dayanarak, hayvan gübresi kullanılarak yılda 30.000.000 m³ metan gazı üretilebileceğini ve bu metan gazı kullanılarak yılda 119.000.000 kw/s elektrik üretilebileceğini hesaplamışlardır. Tekirdağ ilinde elektrik üretimi için ihtiyaç duyulan bu tür tesislerin toplam kurulu gücünün

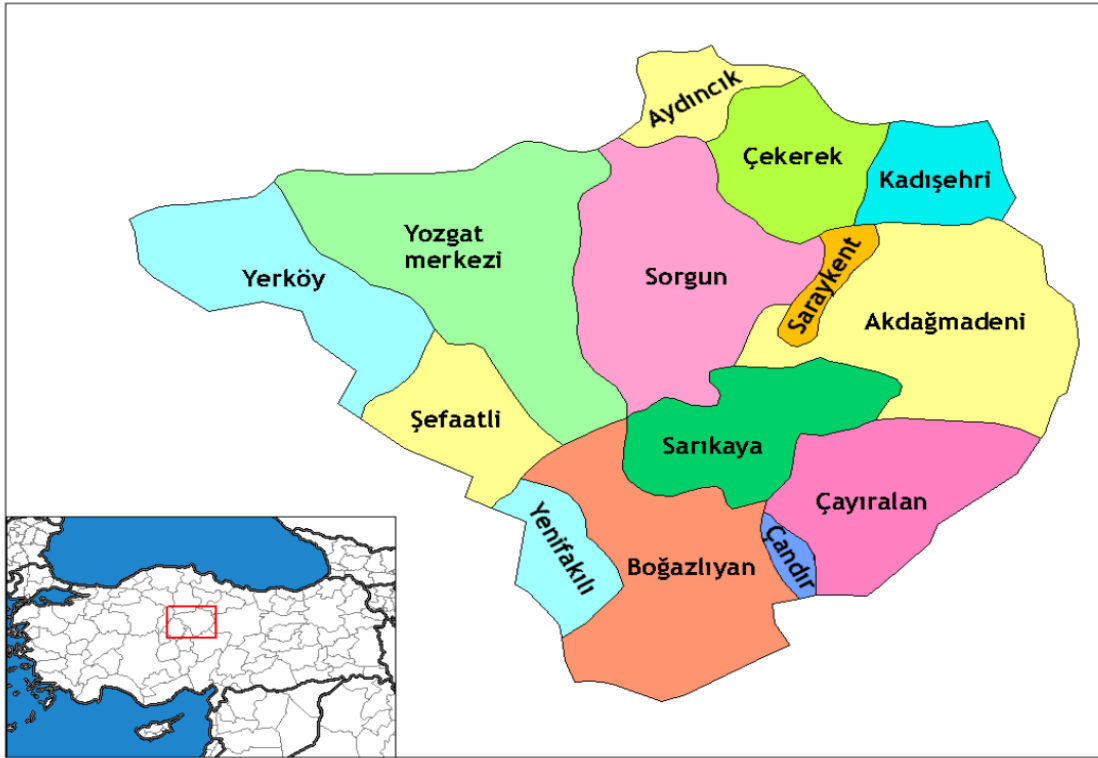
13 MW civarında olması gerektiğini belirtmişlerdir. Tekirdağ ilinin kurulu güç potansiyeli ve ulaşım mesafesini göz önünde bulundurarak Hayrabolu (2,5 MW), Malkara (5 MW) ve Merkez (2 MW) ilçelerinde olmak üzere 3 tesis kurulmasını önermiştir (Aktaş, T., Özer, B., Soyak, G. & Ertürk, M. C. 2015).

Samsun ilinde yapılan çalışmada hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli incelemişlerdir. İldeki sığır, manda ve yumurta tavuğu sayıları baz alınarak biyogaz üretim potansiyeli hesaplanmıştır. Yapılan araştırma ile Samsun'da 2019 senesinde toplam 300 bin kadar büyükbaş, 18 bin manda ve 1,4 milyon yumurta tavuğu bulunmaktadır. İlde bu hayvanlardan yıllık olarak toplam 3,2 Mt (milyon ton) gübre, 2,95 Mt (milyon ton) sığır gübresi, 178.000 ton manda gübresi ve 40.000 ton yumurta tavuğu gübresi elde edilebileceği hesaplanmıştır. Bu hayvansal atıkların kullanılabilir miktarından yılda 53,6 Mm³ biyogaz üretileceği ön görülmüştür. Bu gübreler tarafından üretilen biyogazın kalorifik (ısı) değeri yaklaşık 1,22 PJ' dır. Bu biyogaz miktarından yaklaşık olarak 135 GWh' elektrik üretiminin yapılacağı hesaplanmıştır. Bu değerlerin Samsun ilinde yıllık elektrik tüketiminin (2720 GWh) %4,96'sını karşıladığı gösterilmiştir. Bu hesaplanan miktarlar ilçelere göre dağılımı haritada gösterilmiştir. Biyogaz potansiyeline göre bakıldığında Samsun'un ilk yedi ilçesi: Bafra (%16,2), Merkez (%16,0), Çarşamba (%12,1), Vezirköprü (%11,0), Terme (%7,6), Alaçam (%7,4). %) ve Havza (%7,0) (%7,0) (Karaca, C. ve Gurdil G., 2019).

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Yozgat İli Tanımı

Yozgat, İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan; Çekerek, Aydıncık ve Kadışehri ilçeleri ile Karadeniz Bölgesi'nde de toprağı bulunan İldir. 2021 yılı TÜİK Şubat bilgilerine göre 14 ilçesi, 36 belediye, bu belediyelere bağı 234 mahalle ve 558 köy bulunmaktadır. İl merkezinin denizden yüksekliğı 1.317 m'dir.



Şekil 4.1. Çalışma alanının konumunu gösteren harita

Yozgat, on dört ilçeden oluşmaktadır. Şekil 4.1'de bulunan haritada ilçeler gösterilmektedir (Wikipedia, 2022).

4.2. Coğrafi Yapı

Yozgat, İç Anadolu'nun orta Kızılırmak bölümün' de Bozok Yaylası üzerinde bulunmaktadır. Ankara-Sivas karayolu ve Samsun-Kayseri-Mersin karayolu Yozgat ili sınırlarından geçmektedir. Bu karayolları uluslararası trafikte önemli bir role sahiptir. Ülkemizden ve Avrupa ülkelerinden Ortadoğı'ya yapılan ticaret bu yolların önemini daha da artırmıştır. Kayseri, Çorum, Amasya, Tokat, Sivas, Nevşehir; Kırşehir, Kırıkkale ili ile

komşudur. İlin doğusu ile batısı arasındaki fark yaklaşık sekiz dakikadır. Yozgat, yüzölçümü bakımından Türkiye'nin on beşinci ilidir. Öngörülen alan 13.597 kilometrekare ve gerçek alan 14.123 kilometrekaredir. İlde genel olarak çok fazla dağlık alan bulunmamaktadır.

4.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Yozgat sert bir karasal iklime sahiptir. Kış ve yaz, gündüz ve gece arasındaki sıcaklık farkı büyüktür. Sıcaklık aralığı -23°C - $+37.1^{\circ}\text{C}$ arasındadır. Yılın yaklaşık kırk günü kar yağışlı olmakta ve yirmi günü ise -10°C 'nin altındadır. Yıllık ortalama yağış miktarı 540mm'dir.

Bitki örtüsü: Yozgat ili genelinde toprakların % 56'sı ekili ve dikili alanlardan, % 28 oranında ormanlık alanlardan, % 15'i mera ve çayırardan oluşmaktadır.

4.4. Nüfus ve Ekonomik Özellikler

Yozgat ili 2021 yılı sonu itibariyle nüfusu 418.500'dür. Bu nüfus oranının %76,35'i şehir merkezlerinde yaşamaktadır. Yozgat ilinin yüzölçümü 13.690 km²'dir. İlde km²'ye 31 kişi düşmektedir. (Bu sayı il merkezinde 53'tür). İlde yıllık nüfus oranı %0,14 azalma göstermiştir. Nüfus artış oranının en çok olduğu ilçe, %3,79 oranıyla merkez ilçe, en düşük ilçe % 3,74 oranıyla Çekerek'tir.

4 Şubat 2022 TÜİK bilgilerine göre merkez ilçeyle birlikte 14 ilçeye bağlı 36 belediye, bu belediyelere bağlı 234 mahalle ve ayrıca 558 köy bulunmaktadır.

2021 yılı sonunda Yozgat ili ve ilçeleri yerleşim yeri nüfusu ile ilgili sayısal bilgiler şekil 4.2. 'de gösterilmektedir (Wikipedia, 2022).

2021 yılı sonunda Yozgat ili ve ilçelerinin yerleşim yeri ve nüfusla ilgili sayısal bilgileri											
İlçe	Nüfus	Nüfus	Nüfus	Belediye	Mahalle	Köy	Köy	Şehir	Şehirde	Alanı	km ² 'ye
	2020	2021	Artışı %	Sayısı	Sayısı	Sayısı	Nüfusu	nüfusu	oturan %	km ² [21]	düşen kişi
Akdağmadeni	42.407	41.902	-1,19	4	19	78	14.646	27.256	65,05	1810	23
Aydıncık	9.967	9.722	-2,46	2	5	22	3.566	6.156	63,32	338	29
Boğazlıyan	34.019	33.817	-0,59	6	31	22	5.950	27.867	82,41	1515	22
Çandır	4.381	4.240	-3,22	1	10	4	847	3.393	80,02	205	21
Çayıralan	12.457	12.294	-1,31	2	10	23	5.165	7.129	57,99	995	12
Çekerek	19.415	18.688	-3,74	2	8	41	7.991	10.697	57,24	790	24
Kadıışehri	10.768	10.491	-2,57	2	14	20	3.731	6.760	64,44	472	22
Merkez	104.079	108.024	3,79	1	27	96	15.184	92.840	85,94	2024	53
Saraykent	12.651	12.462	-1,49	3	12	14	3.827	8.635	69,29	319	39
Sarıkaya	32.714	32.544	-0,52	2	19	56	10.968	21.576	66,30	1018	32
Sorgun	80.525	79.781	-0,92	8	11	74	11.493	68.288	85,59	1768	45
Şefaattli	14.749	14.351	-2,70	1	49	41	5.561	8.790	61,25	882	16
Yenifakılı	5.396	5.296	-1,85	1	5	7	2.606	2.690	50,79	390	14
Yerköy	35.567	34.888	-1,91	1	14	60	7.438	27.450	78,68	1164	30
Yozgat	419.095	418.500	-0,14	36	234	558	98.973	319.527	76,35	13.690	31

Şekil 4.2. 2021 yılı sonunda Yozgat ili ve ilçeleri yerleşim yeri nüfusu ile ilgili sayısal bilgiler

Ekonomik özellikler: Kalkınmada birinci derecede öncelikli yöreler kapsamında değerlendirilen Yozgat'ın ekonomisinde Tarım ve hayvancılığın önemi büyüktür. Yeryüzü şekilleri değerlendirildiğinde tarım için uygunluğu %98,8 ile büyük bir oran oluşturmaktadır. İlde, iklim şartlarının etkisi ile kuru tarım yapılmakta olup yağış azlığı iklim çeşitliliğini olumsuz etkilemektedir. İlde genel olarak baklagil ve tahıllar yetiştirilir. Bu ürünlerin dışında sulu tarım arazilerinde ayçiçeği, patates, şeker pancarı ve soğan türü mamuller yetiştirilmektedir. Araziler sulama açısından sınırlı olduğu için, sebze üretiminin il tarımında önemi azdır. İklim şartlarının sertliğinden ve depolama alanlarının az oluşu sebebiyle meyve üretimi büyük oranlarda değildir. Kayısı, armut, elma, üzüm, badem ve ceviz başlıca yetiştirilen meyvelerdir.

İlde tarımla birlikte hayvancılık ekonomik faaliyeti de önem taşımaktadır. Bitki örtüsünün Bozkır olması ve geniş mera alanları olması özellikle küçükbaş hayvancılığın bölge ekonomisinde yer bulmasında etkili olmuştur. Tarım ile birlikte yürütülen hayvancılık faaliyetinde genellikle mera hayvancılığı yaygındır. Son senelerde hayvan soylarının

ıslahına yönelik yapılan çalışmalar hayvansal hammadde temelli sanayi faaliyetlerini destekleyen modern tesislerin kurulmasını beraberinde getirmiştir.

İlde genelinde küçükbaş hayvanlardan; koyun, kıl ve tiftik keçisi, büyükbaş hayvan olarak da sığır ve manda gibi türler beslenmektedir. İlde deri üretimi de önemli gelir kaynaklarından biridir. Kümes hayvancılığında son senelerde önemli gelişmeler yaşanmıştır. Küçük ölçekli tavuk çiftliklerinde, yeni teknolojik metotlarla üretim yapılmakta bununla birlikte yumurta üretiminde belirgin çoğalmalar olmuştur (Wikipedia, 2022).

4.5. Yozgat İli Büyük ve Küçükbaş Hayvan Sayıları

Yozgat ili hayvancılık faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı bir İç Anadolu şehridir. Yozgat ili 2021 yılına ait hayvan sayısı rakamları T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Yozgat il tarım ve orman müdürlüğünden alınmıştır. Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir. Çizelgeye göre hayvancılık alanında en çok büyükbaş hayvan merkez ilçede, küçükbaş hayvan ise Boğazlıyan ilçesinde bulunmaktadır.

Çizelge 4.1. Yozgat ili büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları

İLÇE ADI	BÜYÜKBAŞ				KÜÇÜKBAŞ		
	SIĞIR	BUZAĞI DANA (*)	MANDA	TOPLAM	KOYUN	KEÇİ	TOPLAM
01-Merkez	24.000	13.070	930	38.000	40.000	3.630	43.630
02-Akdağmadeni	27.233	8.704	563	36.500	20.000	20.000	40.000
03-Aydıncık	7.420	1.500	80	9.000	1.500	5.500	7.000
04-Boğazlıyan	10.950	3.000	50	14.000	68.000	3.000	71.000
05-Çandır	1.651	649		2.300	6.800	120	6.920
06-Çayıralan	6.800	3.176	24	10.000	17.500	1.500	19.000
07-Çekerek	17.500	6.250	250	24.000	8.000	6.500	14.500
08-Kadıışehri	12.330	5.250	420	18.000	9.700	1.800	11.500
09-Saraykent	7.000	3.000		10.000	2.000	50	2.050
10-Sarıkaya	17.650	6.130	220	24.000	17.400	600	18.000
11-Sorgun	21.580	11.000	420	33.000	27.000	3.000	30.000
12-Şefaati	6.000	3.195	5	9.200	27.000	1.400	28.400
13-Yenifakılı	2.200	785	15	3.000	23.000	1.000	24.000

14-Yerköy	11.437	5.520	43	17.000	38.000	6.000	44.000
TOPLAM	183.536	67.377	3.000	248.000	305.900	54.100	360.000

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Yozgat il tarım ve orman müdürlüğü verilerine göre, Yozgat şehir merkezi ve alt bölgelerindeki hayvan sayısı ilçelere göre değişkenlik bulunmaktadır. Büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde en aktif yer merkez, küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde en aktif ilçe Boğazlıyan'dır (Yozgat il tarım ve orman müdürlüğü).

4.5.1. Yozgat ili büyükbaş hayvan sayısı

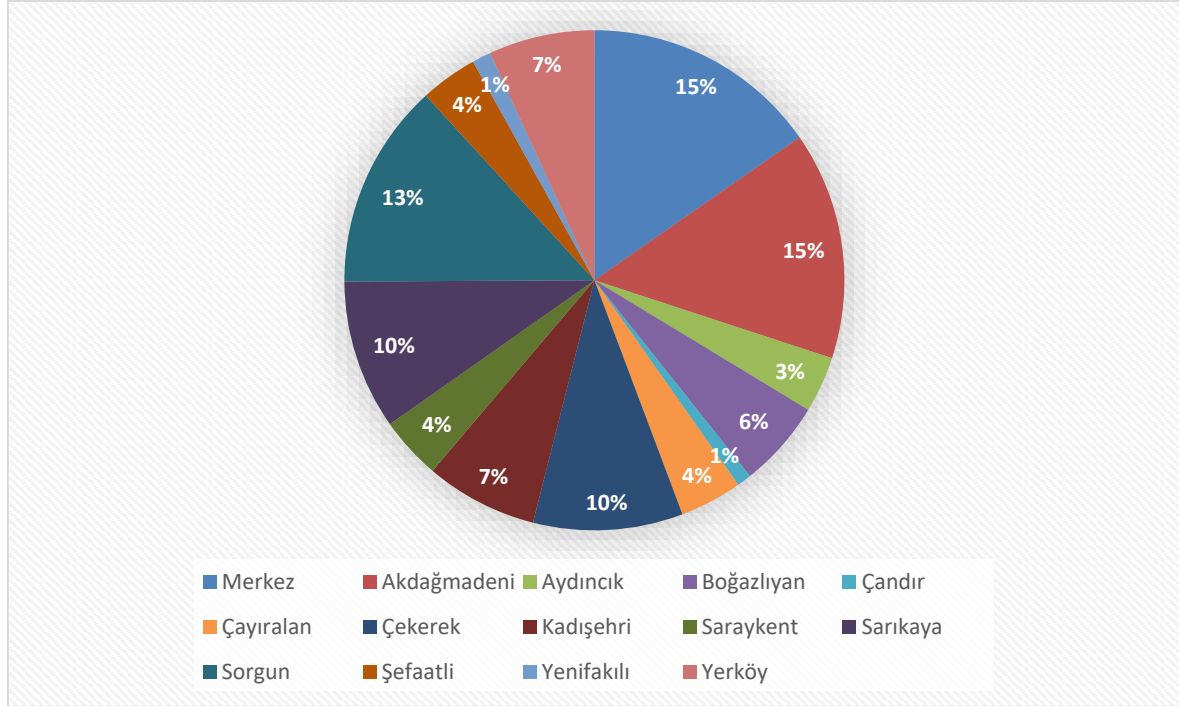
Yozgat ili hayvancılık faaliyetlerinin yoğun bir şekilde yapıldığı bir ildir. Bu sebeple tonlarca hayvansal gübre oluşmaktadır. Hayvansal gübrelerin değerlendirilmesinde en etkili metot biyogaz ile enerji üretimidir. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Yozgat il Tarım ve Orman müdürlüğün' den alınan veriler doğrultusunda, Yozgat'taki büyükbaş hayvan 248000 adet olduğu belirlenmiştir. Büyükbaş hayvan sayısının en çok Yozgat il merkezinde bulunmaktadır. Merkez ilçeden sonra Akdağmadeni gelmektedir.

Çizelge 4.2. Yozgat ili büyükbaş hayvan sayıları

İLÇE ADI	BÜYÜKBAŞ			
	SIĞIR	BUZAĞI DANA (*)	MANDA	TOPLAM
01-Merkez	24.000	13.070	930	38.000
02-Akdağmadeni	27.233	8.704	563	36.500
03-Aydıncık	7.420	1.500	80	9.000
04-Boğazlıyan	10.950	3.000	50	14.000
05-Çandır	1.651	649		2.300
06-Çayıralan	6.800	3.176	24	10.000
07-Çekerek	17.500	6.250	250	24.000
08-Kadıışehri	12.330	5.250	420	18.000
09-Saraykent	7.000	3.000		10.000
10-Sarıkaya	17.650	6.130	220	24.000
11-Sorgun	21.580	11.000	420	33.000
12-Şefaati	6.000	3.195	5	9.200
13-Yenifakılı	2.200	785	15	3.000
14-Yerköy	11.437	5.520	43	17.000
TOPLAM	183.536	67.377	3.000	248.000

Yozgat 'da kayıtlı olan büyükbaş hayvan sayıları çizelge 4.2.'te gösterildiği gibidir (Yozgat

il tarım ve orman müdürlüğü).



Şekil 4.3. Yozgat ili büyükbaş hayvan sayılarına göre yüzdeler olarak ilçelere dağılımı

Yozgat ili büyükbaş hayvan sayılarına göre yüzdeler olarak ilçelere dağılımı şekil 4.3.'de gösterilmektedir.

4.5.2. Yozgat ili küçükbaş hayvan sayısı

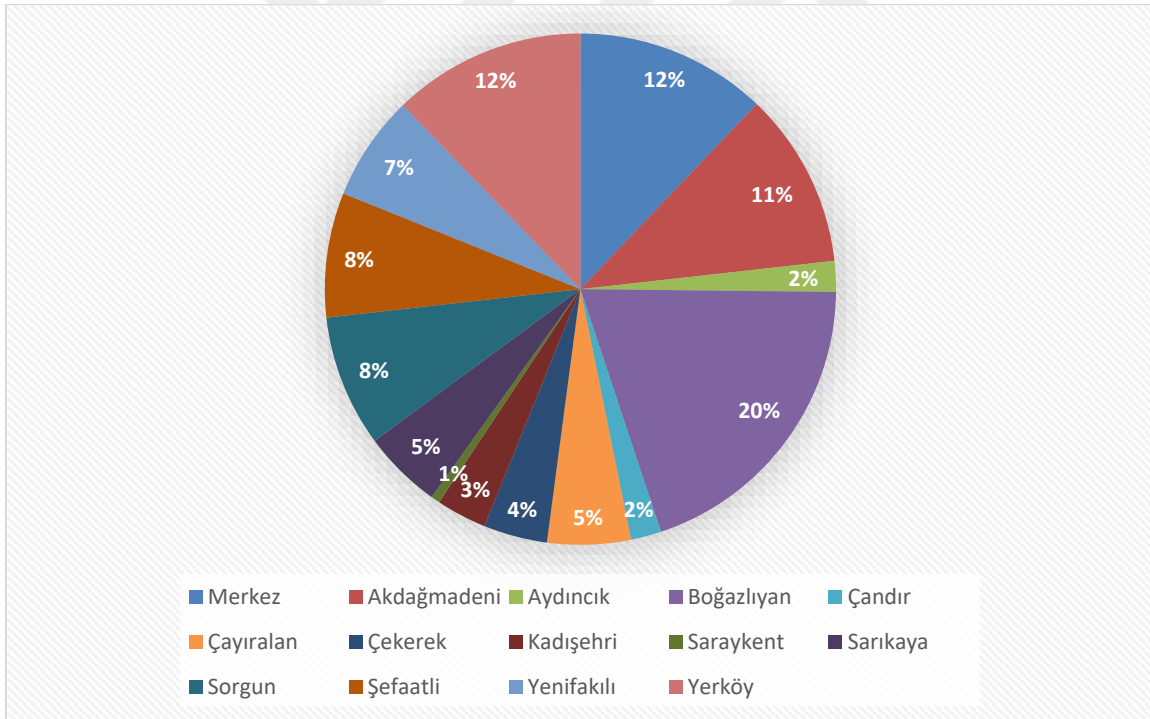
T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı ve Yozgat il tarım ve orman müdürlüğünden alınan veriler doğrultusunda, Yozgat genelinde mevcut küçükbaş hayvan sayısı 360000'dir. Yozgat iline ait küçükbaş hayvan sayısı çizelge 4.4. 'de gösterilmektedir. Boğazlıyan ilçesi küçükbaş hayvan sayısının en çok olduğu ilçedir (Yozgat il tarım ve orman müdürlüğü).

Çizelge 4.3. Yozgat ili Küçükbaş hayvan sayıları

İLÇE ADI	KÜÇÜKBAŞ		
	KOYUN	KEÇİ	TOPLAM
01-Merkez	40.000	3.630	43.630
02-Akdağmadeni	20.000	20.000	40.000
03-Aydıncık	1.500	5.500	7.000
04-Boğazlıyan	68.000	3.000	71.000

05-Çandır	6.800	120	6.920
06-Çayıralan	17.500	1.500	19.000
07-Çekerek	8.000	6.500	14.500
08-Kadıışehri	9.700	1.800	11.500
09-Saraykent	2.000	50	2.050
10-Sarıkaya	17.400	600	18.000
11-Sorgun	27.000	3.000	30.000
12-Şefaati	27.000	1.400	28.400
13-Yenifakılı	23.000	1.000	24.000
14-Yerköy	38.000	6.000	44.000
TOPLAM	305.900	54.100	360.000

Yozgat ilinde Boğazlıyan ilçesi küçükbaş hayvan sayısının en çok olduğu ilçedir. En az küçükbaş hayvan sayısının olduğu ilçe ise Saraykent ilçesidir.



Şekil 4.4. Yozgat ili küçükbaş hayvan sayılarına göre yüzdeler olarak ilçelere dağılımı

Yozgat ili küçükbaş hayvan sayılarına göre yüzdeler olarak ilçelere göre dağılımı şekil 4.4.'de gösterilmektedir.

4.6. Hesaplama Formülleri

Biyogazın yakıt değeri, bünyesinde bulunan önemli etken maddelerin biri olan metan gazı

ile ilişkilidir. Metanın kalorifik değeri yaklaşık 8900 kcal/m³'tür. Biyogazın ortalama ısın değeri 4700-5700 kcal/m³'tür. Isıl değer, biyogaz içeriğindeki metan gazı oranına bağlı olarak değişkenlik gösterir. 1 m³ biyogazın uygun şartlar altında etkin ısıl değerleri çizelge 4.4.'de verilmektedir (Teke E. 2021).

Çizelge 4.4. 1m³ biyogazın uygun şartlar altında etkin ısıl değeri

Benzin	0,75 L
Motorin	0,66 L
Bütan	0,2 m ³
Propan	0,25 m ³
Odun kömürü	1,46 kg
Gazyağı	0,62 L
Kömür	0,85 kg
Odun	3,47 kg
Elektrik	4,70 kWh

Enerji potansiyelinin yüksek olduğu ülkemizde hayvancılık sektöründe yürütülen yoğun faaliyetler sebebiyle toplumsal kaynaklı ihtiyaçları karşılanmak için gerekli enerji potansiyeline sahip bir ülke konumundadır. Bu nedenle Türkiye'nin hayvansal kaynaklı atıklardan elde edilen biyogaz enerji açısından zengin olduğunu göstermektedir. Yapılan bu çalışmada, Yozgat ilindeki büyükbaş ve küçükbaş hayvan verileri incelenerek, bu veriler doğrultusunda Yozgat ilinin hayvansan atık kaynaklı biyogaz enerji potansiyelinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Yozgat ilinde 2021 yılına ait büyükbaş ve küçükbaş hayvan verileri; Tarım ve Orman Bakanlığı ve Yozgat il tarım ve orman müdürlüğünden elde edilmiştir.

Gübre ile ilgili genel kabuller; büyükbaş hayvandan yılda ortalama 3.6 ton gübre elde edilmektedir. Küçükbaş hayvanlardan ise yılda ortalama 0.7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrelerin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınmaktadır.

Biyogaz ile ilgili kabuller; Ortalama büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilebilmektedir. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz elde edilmektedir (Baran, M.F., Lüle, F., Gökdoğan, O., 2017), (Ay, Ö.F., 2020).

Çizelge 4.5. Hesaplama formülleri

DENKLEM	
Gübre Miktarı (GM) (ton/yıl)	$GM=HS \times YGÜM$
Biyogaz Miktarı (BM) (m ³ /yıl)	$BM=GM \times HGEB$
Biyogazın Enerji Değeri (BED) (kWh)	4,7 kWh
Yıllık Toplam Elektrik Üretim Miktarı (EÜ) (kWh/yıl)	$EÜ=BM \times BED$

Biyogazın elektrik enerjisi olarak eşdeğeri: 1 m³ biyogaz için 4.70 kWh enerji değerindedir. Bu araştırma verileri ve sonuçlarına göre Yozgat ili genelinde hayvan sayıları (büyükbaş ve küçükbaş) verileri kullanılarak gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerji potansiyeli hesaplamaları çizelge 4.5.'e göre yapılmıştır (Baran, M.F., Lüle, F., Gökdoğan, O., 2017), (Ay, Ö.F., 2020).

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

5.1. Yozgat İlinin Biyogaz Potansiyelinin İncelenmesi

Araştırma sonuç ve verileri dikkate alınarak Yozgat ilindeki toplam büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayılarına göre gübre, net gübre, biyogaz ve enerji potansiyeli hesaplamaları yapılmıştır.

Çizelge 5.1. Yozgat ilinin gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	$GM = (248.000) \times (3,6) = 892.800 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (892.800) \times (2/3) = 595.200 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (595.200) \times (33) = 19.641.600 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$EÜ = (19.641.600) \times (4,7) = 92.3 \text{ GWh/yıl}$
Küçükbaş Hayvan	$GM = (360.000) \times (0,7) = 252.000 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (252.000) \times (2/3) = 168.000 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (168.000) \times (58) = 9.744.000 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$EÜ = (9.744.000) \times (4,7) = 45,8 \text{ GWh/yıl}$

Yozgat il genelinde büyükbaş hayvan sayısı 248.000'dir. Büyükbaş hayvanlardan yılda ortalama 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak Yozgat ilinde elde edilen toplam net gübre miktarı 595.200 ton/yıl'dır. Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmektedir. Yozgat ilinde üretilebilecek biyogaz miktarının 19.641.600 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz için 4,70 kWh enerji değerindedir. Toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 92,3 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

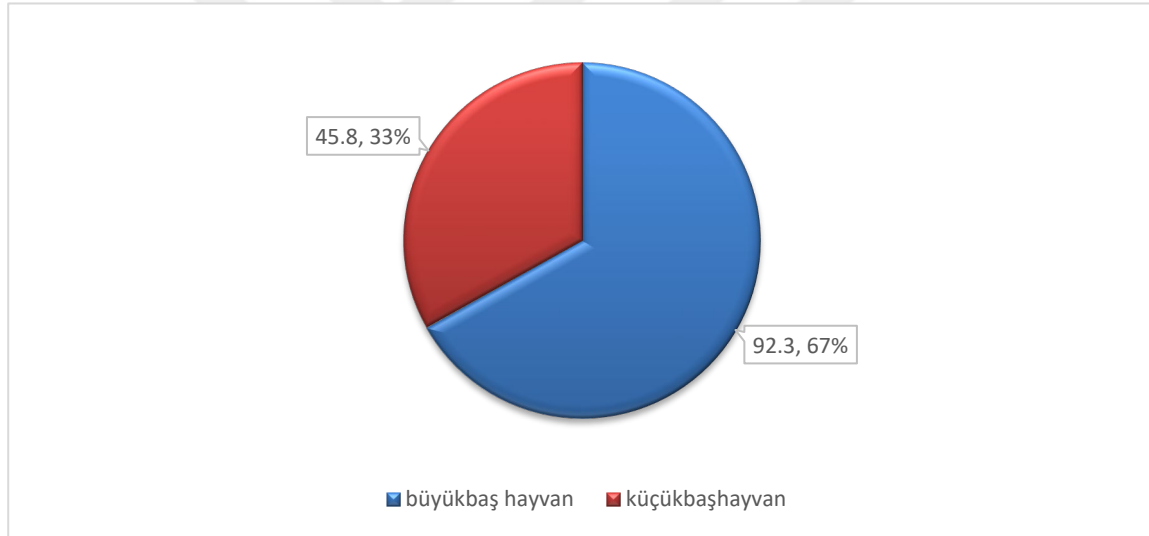
Yozgat ili genelinde küçükbaş hayvan sayısı 360.000'dir. Küçükbaş hayvanlardan yılda 0,7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak Yozgat ilinde mevcut toplam net gübre miktarı 168.000 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz elde edildiği kabulüyle Yozgat ilinde üretilebilecek biyogaz miktarının 9.744.000 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz için 4,7 kWh enerjisi değerindedir. Toplam üretilen elektrik

enerjisi üretim miktarının 45,8 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2. Yozgat ilinde hayvansal atıklardan elde edilebilecek gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan türü	Toplam hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	248.000	892.800	595.200	19.641.600	92,3 GWh/yıl
Küçükbaş	360.000	252.000	168.000	9.744.000	45,8 GWh/yıl
Toplam				29.385.600	138,1 GWh/yıl

Yozgat ilinin teorik olarak; biyogaz potansiyeli 29.385.600 m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 138.1 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.1. Yozgat ili büyükbaş ve küçükbaş hayvan kaynaklı elektrik enerji potansiyeli

Yapılan bu çalışmada ilde biyogazdan elde edilen elektrik enerjisinin %67 ile büyükbaş, %33 ile küçükbaş hayvan atıkları oluşturmaktadır.

5.2. İlçelere Göre Biyogaz Üretim Potansiyelin İncelenmesi

Yozgat ilinde ilçelerde yapılan hayvansal üretim faaliyetlerinin yoğunluk ve çeşitliğinin değişik olması nedeniyle biyogaz üretim potansiyeli de ilçelerde değişiklik göstermektedir.

5.2.1. Yozgat merkezde gübre miktarı, net gübre miktarı, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Yozgat ili merkezde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi hesaplamaları çizelge 5.3.'de, değerleri ise çizelge 5.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Yozgat merkez gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	$GM = (38.000) \times (3,6) = 136.800 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (136.800) \times (2/3) = 91.200 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (91200) \times (33) = 3.009.600 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$E\ddot{U} = (19.416.600) \times (4,7) = 14,1 \text{ GWh/yıl}$
Küçükbaş Hayvan	$GM = (43.630) \times (0,7) = 30.541 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (30.541) \times (2/3) = 20.360 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (20.360) \times (58) = 1.180.180 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$E\ddot{U} = (1.180.180) \times (4,7) = 5.5 \text{ GWh/yıl}$

Yozgat ili merkez ilçesi büyükbaş hayvan sayısı 38.000'dir. Büyükbaş hayvanlardan yılda 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak Yozgat ili merkez ilçesinde ortalama toplam net gübre miktarı 91.200 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmektedir. Yozgat ili merkezde üretilebilecek biyogaz miktarının 3.009.600 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz için 4,7 kWh enerji değerindedir. Toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 14,1 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Yozgat ili merkezde mevcut küçükbaş hayvan sayısı 43.630'dur. Küçükbaş hayvanlardan yılda 0,7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak Yozgat ili merkez ilçesi için yıllık toplam kalan gübre miktarı 20.360 ton hesaplanmıştır. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz enerjisi üretilmektedir. Merkez ilçede üretilebilecek biyogaz miktarının 1.180.880m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz için 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmektedir. Toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 5,5 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.4. Yozgat ilinde merkez ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan cinsi	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	38.000	136.800	91.200	3.009.600	14,1 GWh/yıl
Küçükbaş	43.630	30.541	20.360	1.180.880	5,5 GWh/yıl
Toplam				4.190.480	19,6 GWh/yıl

Yozgat ili merkez ilçesi teorik olarak; biyogaz potansiyeli 4.190.480m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 19,6 GWh/yıl olarak hesaplama yapılmıştır.

5.2.2. Yozgat ili Akdağmadeni ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Yozgat ili Akdağmadeni ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi hesaplamaları çizelge 5.5.'de, değerleri ise çizelge 5.6.' de gösterilmiştir.

Çizelge 5.5. Yozgat ili Akdağmadeni ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	GM = (36500) × (3,6) = 131.400 ton/yıl
	GM_{kalan} = (131400) × (2/3) =87.600 ton/yıl
	BM = (87600) × (33) = 2.890.800 m ³ /yıl
	EÜ = (19.416.600) × (4,7) = 13,6 GWh/yıl
Küçükbaş Hayvan	GM = (40.000) × (0,7) = 28.000 ton/yıl
	GM_{kalan} = (28.000) × (2/3) = 18.677 ton/yıl
	BM = (168.000) × (58) = 1.082.667 m ³ /yıl
	EÜ = (9.744.000) × (4,7) =4,7 GWh/yıl

Akdağmadeni ilçesi büyükbaş hayvan sayısı 36.500'dür. Büyükbaş hayvanlardan yılda ortalama 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak Akdağmadeni ilçesi için elde edilebilecek toplam net gübre miktarı 87.600ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmektedir. İlçede üretilebilecek biyogaz miktarının 2.890.800 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz 4,7 kWh elektrik enerjisi eşdeğerdir ve toplam üretilen elektrik

enerjisi üretim miktarının 13,6 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Akdağmadeni ilçesinde mevcut küçükbaş hayvan sayısı 40.000'dir. Küçükbaş hayvanlardan ortalama yılda 0,7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak Akdağmadeni ilçesi için elde edilecek toplam net gübre miktarı 18.667 ton olarak hesaplanmıştır. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz enerjisi üretilmektedir ve üretilebilecek biyogaz miktarının 1.082.667m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmektedir ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 5,1 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.6. Yozgat ili Akdağmadeni ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan cinsi	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	36.500	131.400	87.600	2.890.800	13,6 GWh/yıl
Küçükbaş	40.000	28.000	18667	1.082.667	5,1 GWh/yıl
Toplam				3.973.467	18,7 GWh/yıl

İlçede teorik olarak; biyogaz potansiyeli 3.973.467m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 18,7 GWh/yıl olarak hesaplama yapılmıştır.

5.2.3. Yozgat ili Aydıncık ilçesinde gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Yozgat ili Aydıncık ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi hesaplamaları çizelge 5.7.'de, değerleri ise çizelge 5.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7. Yozgat ili Aydıncık ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	GM = (9.000) × (3,6) = 32.400 ton/yıl
	GM_{kalan} = (32.400) × (2/3) =21.600 ton/yıl
	BM = (21.600) × (33) = 712.800 m ³ /yıl
	EÜ = (19.416.600) × (4,7) = 3,4GWh/yıl
	GM = (7.000) × (0,7) = 4.900 ton/yıl

Küçükbaş Hayvan	GM_{kalan} = (4.900) × (2/3) = 3.267ton/yıl
	BM = (3.267) × (58) = 189.467m ³ /yıl
	EÜ = (9.744.000) × (4,7) = 0,9GWh/yıl

Aydıncık ilçesi büyükbaş hayvan sayısı 9.000'dir. Büyükbaş hayvanlardan yılda ortalama 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede yıllık toplam kabul edilecek net gübre miktarı 21.600 ton olarak hesaplanmıştır. Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmektedir. İlçede üretilebilecek biyogaz miktarının 712.8000 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretmektedir ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 3,4 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Aydıncık ilçesi mevcut küçükbaş hayvan sayısı 7.000'dir. Küçükbaş hayvanlardan ortalama yılda 0,7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak toplam elde edilebilecek net gübre miktarı yılda 3.267 ton olarak hesaplanmıştır. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz enerjisi üretilmekte ve Aydıncık ilçesinde üretilebilecek biyogaz miktarının 189.467 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 0,9 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.8. Yozgat ili Aydıncık ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan cinsi	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	9.000	32.400	21.600	712.800	3,4 GWh/yıl
Küçükbaş	7.000	4.900	3.267	189.467	0,9 GWh/yıl
Toplam				902.267	4,3 GWh/yıl

Aydıncık ilçesi teorik olarak; biyogaz potansiyeli 902.267 m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 4,3 GWh/yıl olarak belirlenmiştir.

5.2.4. Yozgat ili Boğazlıyan ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Yozgat ili Boğazlıyan ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi hesaplamaları çizelge 5.9.'de, değerleri ise çizelge 5.10.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.9. Yozgat ili Boğazlıyan ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	$GM = (14.000) \times (3,6) = 50.400 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (50400) \times (2/3) = 33.600 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (33.600) \times (33) = 1.108.800 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$EÜ = (1.108.800) \times (4,7) = 5,2 \text{ GWh/yıl}$
Küçükbaş Hayvan	$GM = (71.000) \times (0,7) = 49.000 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (49.000) \times (2/3) = 33.133 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (33.133) \times (58) = 1.921.733 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$EÜ = (1.921.733) \times (4,7) = 45,8 \text{ GWh/yıl}$

Boğazlıyan ilçesi büyükbaş hayvan sayısı 14.000'dir. Büyükbaş hayvanlardan yılda ortalama 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak yıllık toplam üretilebilecek net gübre miktarı 3.600 ton bulunmuştur. Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmektedir. Boğazlıyan ilçesinde üretilebilecek biyogaz miktarının 1.108.800 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz ortalama 4,7 kWh elektrik enerjisi üretmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarını 5,2 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Boğazlıyan ilçesi toplam küçükbaş hayvan sayısı 71.000'dir. Küçükbaş hayvanlardan ortalama yılda 0,7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak yıllık mevcut elde edilebilecek net gübre miktarı 33.133 ton olarak bulunmuştur. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz enerjisi üretilmekte ve Boğazlıyan ilçesinde üretilebilecek biyogaz miktarının 1.921.733 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz ortalama 4,7 kWh elektrik enerjisi üretmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 9 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.10. Yozgat ili Boğazlıyan ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan cinsi	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	14.000	50.400	33.600	1.108.800	5,2 GWh/yıl
Küçükbaş	71.000	49.700	33.133	1.921.733	9 GWh/yıl

Toplam				3.030.533	14,2 GWh/yıl
--------	--	--	--	-----------	--------------

Boğazlıyan ilçesi teorik olarak; biyogaz potansiyeli 3.019.733m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 14,6 GWh/yıl olarak belirlenmiştir.

5.2.5. Yozgat ili Çandır ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Yozgat ili Çandır ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi hesaplamaları çizelge 5.11. de, değerleri ise çizelge 5.12.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.11. Yozgat ili Çandır ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	GM = (2.300) × (3,6) = 8.280 ton/yıl
	GM_{kalan} = (8.280) × (2/3) = 5.520 ton/yıl
	BM = (5.520) × (33) = 182.160 m ³ /yıl
	EÜ = (182.160) × (4,7) = 0,86 GWh/yıl
Küçükbaş Hayvan	GM = (6.920) × (0,7) = 4.844ton/yıl
	GM_{kalan} = (4.844) × (2/3) = 3.229 ton/yıl
	BM = (3.229) × (58) = 187.301m ³ /yıl
	EÜ = (187.301) × (4,7) =0,9GWh/yıl

Yozgat ili Çandır ilçesi büyükbaş hayvan sayısı 2.300'dür. Büyükbaş hayvanlardan yılda ortalama 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede toplam bulunabilecek yıllık net gübre miktarı 5.520 ton olarak hesaplanmıştır. Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmektedir. İlçede üretilebilecek biyogaz miktarının 182.160 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 0,86 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Yozgat ili Çandır ilçesi toplam küçükbaş hayvan sayısı 6920'dir. Küçükbaş hayvanlardan ortalama yılda 0,7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede yıllık üretilebilecek toplam net gübre miktarı 3.229 ton olarak bulunmuştur. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz enerjisi üretilmekte ve ilçede üretilebilecek biyogaz miktarı ise 187301m³/yıl olarak hesaplama

yapılmıştır. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 0,9 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.12. Yozgat ili Çandır ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan cinsi	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	2.300	8.280	5.520	182.160	0,86 GWh/yıl
Küçükbaş	6.920	4.844	3.229	187.301	0,9 GWh/yıl
Toplam				369.461	1,76 GWh/yıl

Yozgat ili merkez ilçesi teorik olarak; biyogaz potansiyeli 369.461m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 1,76 GWh/yıl olarak belirlenmiştir.

5.2.6. Yozgat ili Çayıralan ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Yozgat ili Çayıralan ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi hesaplamaları çizelge 5.13. 'de değerleri ise çizelge 5.14.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.13. Yozgat ili Çayıralan ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	$GM = (10.000) \times (3,6) = 36.000 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (36.000) \times (2/3) = 24.000 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (24.000) \times (33) = 79.200 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$E\ddot{U} = (79.200) \times (4,7) = 3,7\text{GWh/yıl}$
Küçükbaş Hayvan	$GM = (19.000) \times (0,7) = 19.000 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (19.000) \times (2/3) = 13.300 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (13.300) \times (58) = 514.267\text{m}^3/\text{yıl}$
	$E\ddot{U} = (9.744.000) \times (4,7) = 2,4\text{GWh/yıl}$

Yozgat ili Çayıralan ilçesi büyükbaş hayvan sayısı 10.000'dir. Büyükbaş hayvanlardan yılda ortalama 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede yıllık toplam bulunan net gübre miktarı 24.000 ton hesaplanmıştır. Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmektedir.

İlçede üretilebilecek biyogaz miktarının 792.000 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz ortalama 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 3,7 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Yozgat ili Çayıralan ilçesi toplam küçükbaş hayvan sayısı 19.000'dir. Küçükbaş hayvanlardan ortalama yılda 0,7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede toplam bulunan yıllık net gübre miktarı 8.867 ton olarak hesaplanmıştır. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz enerjisi üretilmekte ve ilçede üretilebilecek biyogaz miktarının 514.267m³/yıl olduğu bulunmuştur. 1 m³ biyogazdan 4,7 kWh elektrik enerjisi elde edilmektedir. Toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 2,4GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.14. Yozgat ili Çayıralan ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan cinsi	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	10.000	36.000	24.000	792.000	3,7 GWh/yıl
Küçükbaş	19.000	13.300	8.867	514.267	2,4 GWh/yıl
Toplam				1.306.267	6,1 GWh/yıl

Yozgat ili Çayıralan ilçesi teorik olarak; biyogaz potansiyeli 1.306.267m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 6,1 GWh/yıl olarak belirlenmiştir.

5.2.7. Yozgat ili Çekerek ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Yozgat ili Çekerek ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi hesaplamaları çizelge 5.15. de, değerleri ise çizelge 5.16. de gösterilmiştir.

Çizelge 5.15. Yozgat ili Çekerek ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	GM = (24.000) × (3,6) = 86.400 ton/yıl
	GM_{kalan} = (86.400) × (2/3) = 576.000 ton/yıl
	BM = (57.600) × (33) = 1.900.800 m ³ /yıl
	EÜ = (1.900.800) × (4,7) = 8,9 GWh/yıl
	GM = (14.500) × (0,7) = 10.150 ton/yıl
	GM_{kalan} = (10.150) × (2/3) = 6.767 ton/yıl

Küçükbaş Hayvan	BM = (6.767) × (58) = 392.467m ³ /yıl
	EÜ = (392.467) × (4,7) =1,8 GWh/yıl

Yozgat ili Çekerek ilçesi büyükbaş hayvan sayısı 24.000'dir. Büyükbaş hayvanlardan yılda ortalama 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede toplam elde edilebilecek yıllık net gübre miktarı 57.600 ton bulunmuştur. Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmektedir. İlçede üretilebilecek biyogaz miktarının 1.900.800 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz yaklaşık olarak 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmektedir. Toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 8,9 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Yozgat ili Çekerek ilçesi toplam küçükbaş hayvan sayısı 14.500'dur. Küçükbaş hayvanlardan ortalama yılda 0,7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate yıllık üretilebilecek toplam yıllık net gübre miktarı 6.767 ton bulunmuştur. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz enerjisi üretilmekte ve ilçede üretilebilecek biyogaz miktarının 392.467m³/yıl olduğu bulunmuştur. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 1,8 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.16. Yozgat ili Çekerek ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan cinsi	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	24.000	86.400	57.600	1.900.800	8,9 GWh/yıl
Küçükbaş	14.500	10.150	6.767	392.467	1,8 GWh/yıl
Toplam				2.293.267	10,7 GWh/yıl

Yozgat ili Çekerek ilçesi teorik olarak; biyogaz potansiyeli 2.293.267m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 10,7 GWh/yıl olarak belirlenmiştir.

5.2.8. Yozgat ili Kadışehri ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Yozgat ili Kadışehri ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi hesaplamaları çizelge 5.17. de, değerleri ise çizelge 2.18. de gösterilmiştir.

Çizelge 5.17. Yozgat ili Kadışehri ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	GM = (18.000) × (3,6) = 64.800 ton/yıl
	GM_{kalan} = (64.800) × (2/3) = 43.200 ton/yıl
	BM = (43.200) × (33) = 1.425.600 m ³ /yıl
	EÜ = (1.425.600) × (4,7) = 6,7 GWh/yıl
Küçükbaş Hayvan	GM = (11.500) × (0,7) = 8.050 ton/yıl
	GM_{kalan} = (8.050) × (2/3) = 5.367 ton/yıl
	BM = (5.367) × (58) = 311.267m ³ /yıl
	EÜ = (311.267) × (4,7) =1,5 GWh/yıl

Yozgat ili Kadışehri ilçesi büyükbaş hayvan sayısı 18000'dir. Büyükbaş hayvanlardan yılda ortalama 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede yıllık toplam üretilebilecek net gübre miktarı 43.200 ton bulunmuştur. Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmektedir. İlçede üretilebilecek biyogaz miktarının 1.425.600 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz ortama 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarı 6,7 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Yozgat ili Kadışehri ilçesi toplam küçükbaş hayvan sayısı 11.500'dir. Küçükbaş hayvanlardan ortalama yılda 0,7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak yıllık toplam bulunabilecek net gübre miktarı 5.367 ton olarak hesaplanmıştır. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz enerjisi üretilmekte ve ilçede üretilebilecek biyogaz miktarının 311.267m³/yıl olduğu bulunmuştur. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmektedir. Toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 1,5 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.18. Yozgat ili Kadışehri ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan cinsi	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	18.000	64.800	43.200	1.425.600	6,7GWh/yıl
Küçükbaş	11.500	8.050	5.367	311.267	1,5 GWh/yıl
Toplam				1.736.867	8,2 GWh/yıl

Yozgat ili Kadışehri ilçesi teorik olarak; biyogaz potansiyeli 1.736.867m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 8,2 GWh/yıl olarak belirlenmiştir.

5.2.9. Yozgat ili Saraykent ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Yozgat ili Saraykent ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi hesaplamaları çizelge 5.19. de, değerleri ise çizelge 5.20. de gösterilmiştir.

Çizelge 5.19. Yozgat ili Saraykent ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	$GM = (10.000) \times (3,6) = 36.000 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (36.000) \times (2/3) = 24.000 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (24.000) \times (33) = 792.000 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$E\ddot{U} = (792.000) \times (4,7) = 3,7 \text{ GWh/yıl}$
Küçükbaş Hayvan	$GM = (2.050) \times (0,7) = 1.435 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (1.435) \times (2/3) = 957 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (957) \times (58) = 55.487 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$E\ddot{U} = (55.487) \times (4,7) = 0,26 \text{ GWh/yıl}$

Saraykent ilçesi büyükbaş hayvan sayısı 10.000'dir. Büyükbaş hayvanlardan yılda ortalama 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak Saraykent ilçesi için toplam elde edilebilecek yıllık net gübre miktarı 24.000 ton hesaplanmıştır. Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmektedir. İlçede üretilen biyogaz miktarının 792.000 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 3,7 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Saraykent ilçesi toplam küçükbaş hayvan sayısı 2.050'dur. Küçükbaş hayvanlardan ortalama yılda 0,7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak elde edilebilecek yıllık toplam net gübre miktarı 957 ton bulunmuştur. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz enerjisi üretilmekte ve ilçede üretilen biyogaz miktarının 55.487m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim

miktarının 0,26 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.20. Yozgat ili Saraykent ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan cinsi	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	10.000	36.000	24.000	792.000	3,7 GWh/yıl
Küçükbaş	2.050	1435	957	55.487	0,26 GWh/yıl
Toplam				847.487	3,96 GWh/yıl

Saraykent ilçesi teorik olarak; biyogaz potansiyeli 847.487m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 3,96 GWh/yıl olarak belirlenmiştir.

5.2.10. Yozgat ili Sarıkaya ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Yozgat ili Sarıkaya ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi hesaplamaları çizelge 5.21. de, değerleri ise çizelge 5.22. de gösterilmiştir.

Çizelge 5.21. Yozgat ili Sarıkaya ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	GM = (24.000) × (3,6) = 86.400 ton/yıl
	GM_{kalan} = (86.400) × (2/3) = 57.600 ton/yıl
	BM = (57.600) × (33) = 1.900.800 m ³ /yıl
	EÜ = (1.900.800) × (4,7) = 8,9 GWh/yıl
Küçükbaş Hayvan	GM = (18.000) × (0,7) = 12.600 ton/yıl
	GM_{kalan} = (12.600) × (2/3) = 8.400 ton/yıl
	BM = (8.400) × (58) = 48.720 m ³ /yıl
	EÜ = (487.200) × (4,7) = 2,3 GWh/yıl

Sarıkaya ilçesi büyükbaş hayvan sayısı 24.000'dür. Büyükbaş hayvanlardan yılda ortalama 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede yıllık toplam üretilen net gübre miktarı 57.600 ton bulunmuştur.

Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmektedir. Sarıkaya ilçesinde üretilebilecek biyogaz miktarının 1.900.800 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarı 8,9 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Sarıkaya ilçesi toplam küçükbaş hayvan sayısı 18.000'dir. Küçükbaş hayvanlardan ortalama yılda 0,7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak elde edilebilecek yıllık toplam net gübre miktarı 8.400 ton olarak bulunmuştur. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz enerjisi üretilmekte ve Sarıkaya da üretilebilecek biyogaz miktarının 487.200 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz ortalama, 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarı 2,3 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.22. Yozgat ili Sarıkaya ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan cinsi	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	24.000	86.400	57.600	1.900.800	8,9 GWh/yıl
Küçükbaş	18.000	12.600	8.400	487.200	2,3 GWh/yıl
Toplam				2.388.000	11,1 GWh/yıl

Yozgat ili Sarıkaya ilçesi teorik olarak; biyogaz potansiyeli 238.8000m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 11,1 GWh/yıl olarak belirlenmiştir.

5.2.11. Yozgat ili Sorgun ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Yozgat ili Sorgun ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi hesaplamaları çizelge 5.23. de, değerleri ise çizelge 5.24. de gösterilmiştir.

Çizelge 5.23. Yozgat ili Sorgun ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	$GM = (33.000) \times (3,6) = 118.800 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (118.800) \times (2/3) = 79.200 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (79.200) \times (33) = 2.613.600 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$EÜ = (2.613.600) \times (4,7) = 12,3 \text{ GWh/yıl}$
Küçükbaş Hayvan	$GM = (30.000) \times (0,7) = 21.000 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (21.000) \times (2/3) = 14.000 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (14.000) \times (58) = 812.000 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$EÜ = (812.000) \times (4,7) = 3,8 \text{ GWh/yıl}$

Yozgat ili Sorgun ilçesi büyükbaş hayvan sayısı 33.000'dür. Büyükbaş hayvanlardan yılda ortalama 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak Sorgun ilçesinde için toplam elde edilebilecek yıllık net gübre miktarı 79.200 ton hesaplanmıştır. Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmektedir. Yozgat ili Sorgun ilçesinde üretilebilecek biyogaz miktarının 2.613.600 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 12,3 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Yozgat ili Sorgun ilçesi toplam küçükbaş hayvan sayısı 30.000'dir. Küçükbaş hayvanlardan ortalama yılda 0,7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede toplam elde edilebilecek yıllık net gübre miktarı 14.000 ton olarak hesaplanmıştır. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz enerjisi üretilmekte ve ilçede üretilebilecek biyogaz miktarının 812.000m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarı 3,8 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.24. Yozgat ili Sorgun ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan cinsi	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	33.000	118.800	79.200	2.613.600	12,3 GWh/yıl
Küçükbaş	30.000	21.000	14.000	812.000	3,8 GWh/yıl
Toplam				3.425.600	16,1 GWh/yıl

Yozgat ili Sorgun ilçesi teorik olarak; biyogaz potansiyeli 3.425.600m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 16,1 GWh/yıl olarak belirlenmiştir.

5.2.12. Yozgat ili Şefaati ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Yozgat ili Şefaati ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi hesaplamaları çizelge 5.25.de, değerleri ise çizelge 2.26. de gösterilmiştir.

Çizelge 5.25. Yozgat ili Şefaati ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	$GM = (9.200) \times (3,6) = 33.120 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (33.120) \times (2/3) = 22.080 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (22.080) \times (33) = 728.640 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$EÜ = (728.640) \times (4,7) = 3,4 \text{ GWh/yıl}$
Küçükbaş Hayvan	$GM = (28.400) \times (0,7) = 19.880 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (19.880) \times (2/3) = 13.253 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (13.253) \times (58) = 768.693 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$EÜ = (768.693) \times (4,7) = 3,6 \text{ GWh/yıl}$

Yozgat ili Şefaati ilçesi büyükbaş hayvan sayısı 9.200'dür. Büyükbaş hayvanlardan yılda ortalama 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede için toplam elde edilebilecek yıllık net gübre miktarı 22.080 ton bulunmuştur. Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmektedir. Şefaati ilçesinde üretilebilecek biyogaz miktarının 728.640 m³/yıl olduğu

görülmüştür. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmekte ve Toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 3,4 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Yozgat ili Şefaati ilçesi toplam küçükbaş hayvan sayısı 28.400'dur. Küçükbaş hayvanlardan ortalama yılda 0,7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede toplam elde edilebilecek yıllık net gübre miktarı 13.253 ton bulunmuştur. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz enerjisi üretilmekte ve ilçede üretilebilecek biyogaz miktarının 768.693m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 3,6 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.26. Yozgat ili Şefaati ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan cinsi	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	9.200	33.120	22.080	728.640	3,4 GWh/yıl
Küçükbaş	28.400	19.880	13.253	768.693	3,6 GWh/yıl
Toplam				1.497.333	7 GWh/yıl

Yozgat ili Şefaati ilçesi teorik olarak; biyogaz potansiyeli 1.497.383 m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 7 GWh/yıl olarak belirlenmiştir.

5.2.13. Yozgat ili Yenifakılı ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Yozgat ili Yenifakılı ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi hesaplamaları çizelge 5.27. de, değerleri ise çizelge 5.28. de gösterilmiştir.

Çizelge 5.27. Yozgat ili Yenifakılı ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	$GM = (3.000) \times (3,6) = 10.800\text{ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (10.800) \times (2/3) = 7.200\text{ton/yıl}$
	$BM = (7.200) \times (33) = 237.600\text{m}^3/\text{yıl}$
	$EÜ = (237.600) \times (4,7) = 1,1 \text{ GWh/yıl}$

Küçükbaş Hayvan	GM = (24.000) × (0,7) = 16.800 ton/yıl
	GM_{kalan} = (16.800) × (2/3) = 16.800 ton/yıl
	BM = (16.800) × (58) = 11.200m ³ /yıl
	EÜ = (11.200) × (4,7) = 3.1 GWh/yıl

Yozgat ili Yenifakılı ilçesi büyükbaş hayvan sayısı 3.000'dür. Büyükbaş hayvanlardan yılda ortalama 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede toplam elde edilebilecek yıllık net gübre miktarı 7.200 ton hesaplanmıştır. Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmektedir. Üretilebilecek biyogaz miktarının 237.600 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 1,1 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Yozgat ili Yenifakılı ilçesi toplam küçükbaş hayvan sayısı 24.000'dur. Küçükbaş hayvanlardan ortalama yılda 0,7 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede toplam elde edilebilecek yıllık net gübre miktarı 11.200 ton hesaplanmıştır. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz enerjisi üretilmekte ve ilçede üretilebilecek biyogaz miktarının 619.600m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz ortalama 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 3,1 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.28. Yozgat ili Yenifakılı ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan cinsi	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	3.000	10.800	7.200	237.600	1,1 GWh/yıl
Küçükbaş	24.000	16.800	11.200	619.600	3,1 GWh/yıl
Toplam				857.200	4,4 GWh/yıl

Yozgat ili Yenifakılı ilçesi teorik olarak; biyogaz potansiyeli 857.200m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 4,4 GWh/yıl olarak belirlenmiştir.

5.2.14. Yozgat ili Yerköy ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli hesaplamaları

Yozgat ili Yerköy ilçesinde, gübre, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi hesaplamaları çizelge 5.29. de, değerleri ise çizelge 5.30.de gösterilmiştir.

Çizelge 5.29. Yozgat ili Yerköy ilçesinde, net gübre, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyel hesaplamaları

Büyükbaş Hayvan	$GM = (17.000) \times (3,6) = 61.200 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (61.200) \times (2/3) = 40.800 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (40.800) \times (33) = 1.346.400 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$E\ddot{U} = (1.346.400) \times (4,7) = 6.3 \text{ GWh/yıl}$
Küçükbaş Hayvan	$GM = (44.000) \times (0,7) = 30.800 \text{ ton/yıl}$
	$GM_{\text{kalan}} = (30.800) \times (2/3) = 20533 \text{ ton/yıl}$
	$BM = (20.533) \times (58) = 1.190.933 \text{ m}^3/\text{yıl}$
	$E\ddot{U} = (1.190.933) \times (4,7) = 5,6 \text{ GWh/yıl}$

Yozgat ili Yerköy ilçesi büyükbaş hayvan sayısı 17.000'dir. Büyükbaş hayvanlardan yılda ortalama 3,6 ton gübre elde edilmektedir ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede toplam elde edilebilecek yıllık net gübre miktarı 40.800 ton bulunmuştur. Büyükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 33 m³ biyogaz üretilmekte ve üretilebilecek biyogaz miktarının 1.346.400 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarının 6,3 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Yozgat ili Yerköy ilçesi mevcut küçükbaş hayvan sayısı 44.000'dur. Küçükbaş hayvanlardan ortalama yılda 0,7 ton gübre elde edilmekte ve gübrenin yaklaşık 1/3'ünün otlaklarda kaybolduğu dikkate alınarak ilçede toplam elde edilebilecek yıllık net gübre miktarı 20.533 ton bulunmuştur. Küçükbaş hayvan gübresinden 1 ton için 58 m³ biyogaz enerjisi üretilmekte ve üretilebilecek biyogaz miktarının 1.190.933 m³/yıl olduğu görülmüştür. 1 m³ biyogaz yaklaşık 4,7 kWh elektrik enerjisi üretilmekte ve toplam üretilen elektrik enerjisi üretim miktarı 5,6 GWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5.30. Yozgat ili Yerköy ilçesinde üretilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Hayvan cinsi	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
Büyükbaş	17.000	61.200	40.800	1.346.400	6,3 GWh/yıl
Küçükbaş	44.000	30.800	20.533	1.190.933	5,6 GWh/yıl
Toplam				2.537.333	11,9 GWh/yıl

Yozgat ili Yerköy ilçesi teorik olarak; biyogaz potansiyeli 2.537.333m³/yıl, toplam elektrik enerjisi potansiyeli değeri ise 11,9 GWh/yıl olarak belirlenmiştir.

5.3. Yozgat İli İlçelere Göre Biyogaz Üretim Potansiyelin İncelenmesi

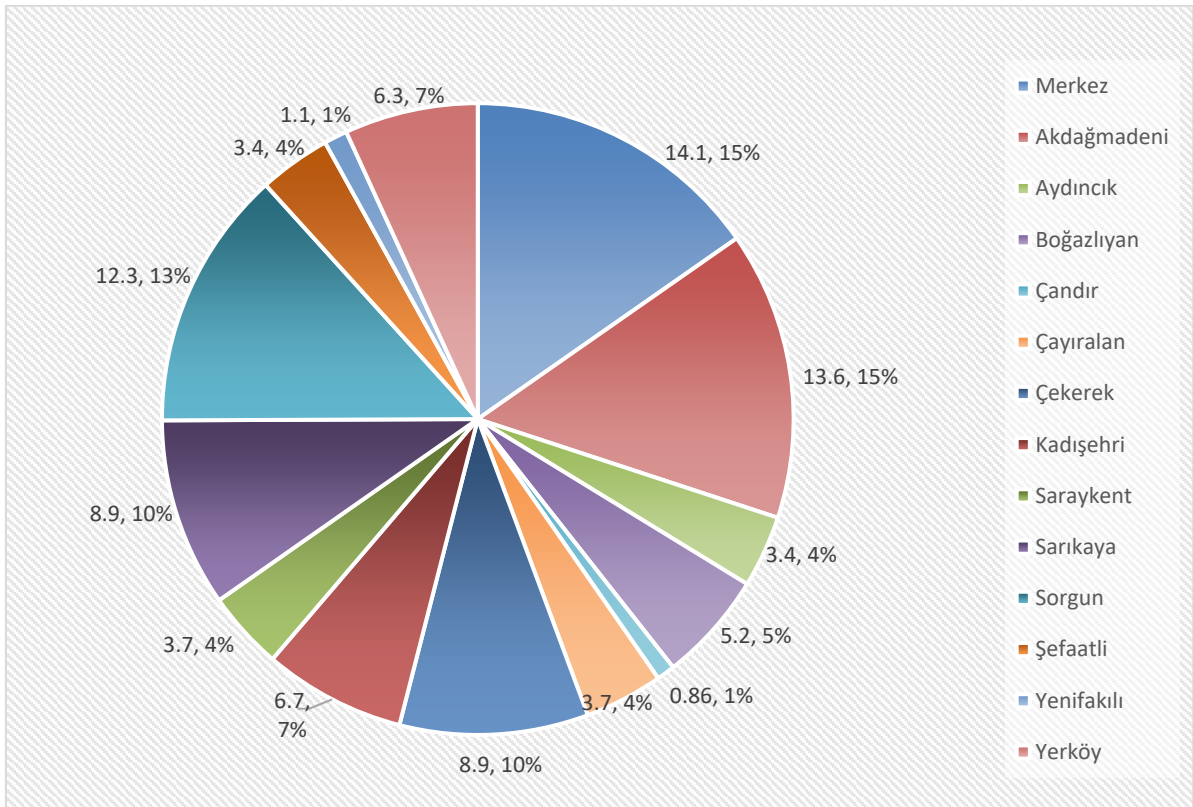
Yozgat ili İlçelere göre biyogaz üretim potansiyelin inceleme sonuçları çizelge 5.31.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.31. İlçelere göre büyükbaş hayvan kaynaklı biyogaz potansiyeli

İLÇE ADI	BÜYÜKBAŞ				
	Mevcut hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m ³ /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
01-Merkez	38.000	136.800	91.200	3.009.600	14,1 GWh/yıl
02-Akdağmadeni	36.500	131.400	87.600	2.890.800	13,6 GWh/yıl
03-Aydıncık	9.000	32.400	21.600	712.800	3,4 GWh/yıl
04-Boğazlıyan	14.000	50.400	36.000	1.188.000	5,2 GWh/yıl
05-Çandır	2.300	8.280	5.520	182.160	0,86 GWh/yıl
06-Çayıralan	10.000	36.000	24.000	79.200	3,7 GWh/yıl
07-Çekerek	24.000	86.400	57.600	1.900.800	8,9 GWh/yıl
08-Kadıışehri	18.000	64.800	43.200	1.425.600	6,7GWh/yıl
09-Saraykent	10.000	36.000	24.000	792.000	3,7 GWh/yıl
10-Sarıkaya	24.000	86.400	57.600	1.900.800	8,9 GWh/yıl
11-Sorgun	33.000	118.800	79.200	2.613.600	12,3 GWh/yıl
12-Şefaatli	9.200	33.120	22.080	728.640	3,4 GWh/yıl

13-Yenifakılı	3.000	10.800	7.200	237.600	1,1 GWh/yıl
14-Yerköy	17.000	61.200	40.800	1.346.400	6,3 GWh/yıl
TOPLAM	248.000	892.800	595.200	19.641.600	92,3 GWh/yıl

Yozgat ili ilçeler de toplam büyükbaş hayvan sayısı kullanılarak yapılan hesaplamalarda en çok biyogaz elektrik üretimi 14,1 GWh/yıl ile Merkez de en az ise 0,86 GWh/yıl ile Çandır ilçesinde hesaplanmıştır.



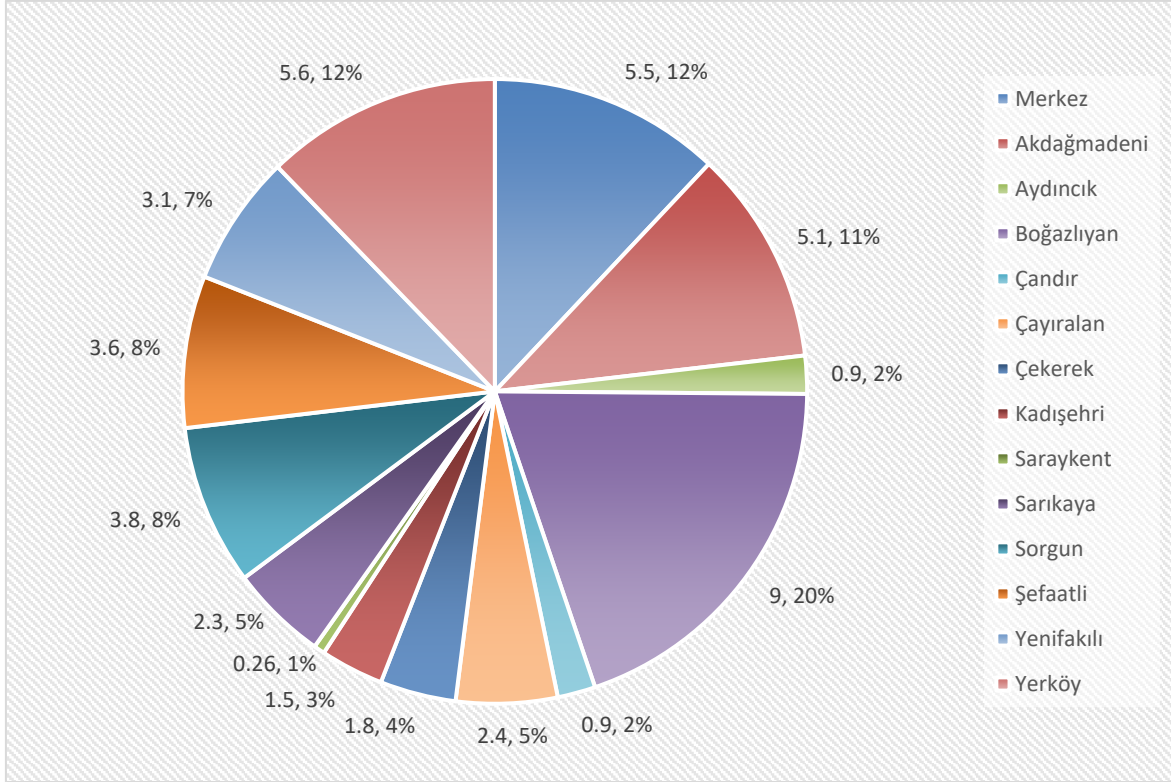
Şekil 5.2. Yozgat ili büyükbaş hayvan kaynaklı biyogaz enerjisinden üretilebilecek elektrik enerji potansiyeli (GWh)

Yozgat ili büyükbaş hayvan kaynaklı biyogaz enerjisinden üretilebilecek elektrik enerji potansiyelin ilçelere göre gösterimi şekil 5.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5. 32. İlçelere göre küçükbaş hayvan kaynaklı biyogaz potansiyeli

İLÇE ADI	KÜÇÜKBAŞ				
	Toplam hayvan sayısı	Gübre (ton/yıl)	Net gübre*	Biyogaz (m3 /yıl)	Elektrik (GWh/yıl)
01-Merkez	43630	30541	20360	1180880	5,5 GWh/yıl
02-Akdağmadeni	40.000	28.000	18.667	1.082.667	5,1 GWh/yıl
03-Aydıncık	7.000	4.900	3267	189.467	0,9 GWh/yıl
04-Boğazlıyan	71.000	49.700	33.133	1.921.733	9 GWh/yıl
05-Çandır	6.920	4.844	3.229	187.301	0,9 GWh/yıl
06-Çayıralan	19.000	13.300	8.867	514.267	2,4 GWh/yıl
07-Çekerek	14.500	10.150	6.767	392.467	1,8 GWh/yıl
08-Kadıışehri	11.500	8.050	5.367	311.267	1,5 GWh/yıl
09-Saraykent	2.050	1.435	957	55.487	0,26 GWh/yıl
10-Sarıkaya	18.000	12.600	8.400	487.200	2,3 GWh/yıl
11-Sorgun	30.000	21.000	14.000	812.000	3,8 GWh/yıl
12-Şefaati	28.400	19.880	13.253	768.693	3,6 GWh/yıl
13-Yenifakılı	24.000	16.800	11.200	619.600	3,1 GWh/yıl
14-Yerköy	44.000	30.800	20.533	1.190.933	5,6 GWh/yıl
TOPLAM	360.000	252.000	168.000	9.744.000	45,8 GWh/yıl

Yozgat ili ilçeler de küçükbaş hayvan sayısı kullanılarak yapılan hesaplamalarda en çok biyogaz elektrik üretimi 9 GWh/yıl ile Boğazlıyan 'de en az ise 0,26 GWh/yıl ile Saraykent ilçesi hesaplanmıştır.



Şekil 5.3. Yozgat ili küçükbaş hayvan kaynaklı biyogaz enerjisinden üretilebilecek elektrik enerji potansiyeli (GWh)

Yozgat ili küçükbaş hayvan kaynaklı biyogaz enerjisinden üretilebilecek elektrik enerji potansiyelin ilçelere göre gösterimi şekil 5.3.'de gösterilmiştir.

5.4. Biyogaz Tesisinin Maliyet Analizi

Biyogaz tesisi kurmanın en önemli kriteri ilk yatırım maliyetidir. Yenilenebilir enerji sistemlerine göre bir biyogaz tesisi daha pahalı bir yöntemdir. Ancak daha fazla avantajları vardır. Ulusal elektrik alım garantisi olması ve satın alma birim fiyatının diğer sistemlere göre daha yüksek olması bir avantajdır. Sistem Maliyetinin yüksek olmasının nedeni kullanılan ekipman, sistem ve teknolojilerin ithal edilmesidir. Önümüzdeki senelerde daha fazla yerli yatırımcının katılımıyla maliyetlerin düşmesi ve daha cazip hale gelmesi bekleniyor (Demiröz, M., 2018).

İhtiyacımız olan biyogaz tesisi kapasite, kurulum, işletme gelir ve giderleri tespit edilecektir. Bu kapsamda mevcut ve ülkemiz koşullarına uygun olacak şekilde alternatif bir biyogaz tesisi fizibilite çalışması yapılacaktır.

Literatür çalışmaları incelendiğinde yapılan bir çalışmada; Biyogaz üretim tesisi dizayn maliyetleri, inşa edilen kapasiteye bağlıdır. KW güç başına 2500 ile 7500 € veya m³ reaktör hacmi başına 250 ile 700 € arasında değişmektedir (Kaya, D., 2012).

Diğer bir çalışmada T.C Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Fırat Kalkınma Ajansı tarafından yapılan 1.4MW gücünde biyogaz tesisi maliyet analizi yapılmıştır.

Biyogaz tesisinde kullanılan atıklar biyogaz tesisi kurma ve kapasite kararı hassas bir konudur. Bir tesisin konstrüksiyon ve kapasitesi tayininde en önemli faktör atık türü ve miktarının belirlenmesidir. Tesislerde en çok kullanılan gübreler;

- Büyükbaş hayvan atıkları,
- Küçükbaş hayvan atıkları,

Biyogaz tesisinde, belirli bir fermantasyon işleminden sonra çıktı olarak;

- Elektrik

Biyometanizasyona dayalı yenilenebilir enerji üretim tesisi kaynağına dayalı uygulanacak fiyatlarda dikkate alınacak tavan fiyat 8,60 dolar cent/kWh olarak belirlenmiştir. Ayrıca YEK Destek Mekanizması kapsamında ise 54 kuruş/kWh, yurt içi katkı payı olarak da 8,00 kuruş/kWh destekleme sağlanmaktadır.

- Isı

Biyogaz tesisleri, iç ısının %20'sini gerektirir. Isının kalan %80'i ise evler, fabrikalar, seralar veya okullar gibi ihtiyaç duyulan yerlerde kar etmek için kullanılabilir. Tesis dışındaki ısının kullanılması gerekmiyorsa tesiste tekrar kullanılmak üzere soğutulması gerekir. Bu durum enerji harcanmasına neden olur.

- Organik toprak düzenleyici (organik gübre)

Biyogaz tesislerinde elde edilen organik gübreyi çevredeki tarım alanlarında kullanılması için çiftçilere vermektedirler.

5.4.1. Teslim süresi

Sözleşme imzalanmasından itibaren biyogaz tesisin ortalama teslim süresi 12 aydır. Yatırımcının yapacağı işleri (tesis lisansı, yapı ruhsatı alımı vb.) zamanında bitirmesi bu aşamayı doğrudan etkiler. Tesisin kurulum kabulünün lisansının verilir tarihi resmi soruşturmalar neticesine bağlı olarak değişir. Yapılacak olan biyogaz santralinin yatırım

kararının alındığı andan itibaren Bakanlık tarafından onaylanıp elektriğin satışına kadar devam eden programı aşağıdaki gibidir. Çizelge.5.33.'de tesisin üretim aşamasına kadar olan süreçte izlenecek yol ve süre belirtilmiştir (FIRAT, 2021).

Çizelge 5.33. Biyogaz tesisinin kurulum zaman çizelgesi

1. PROJE HAZIRLIK DÖNEMİ	12 H.
1.1. Arsa Keşfi ve Detay Araştırması	4 H.
1.2.Tedarikçilerle görüşme, sözleşme düzenleme ve imza	8 H.
1.3. Ön olurluluk Çalışması ve Bakanlık Onayı	6 H.
1.4.Proje / Kuruluş Şeklinin Kararlaştırılması ve Teklif Alma	8 H.
2. ÖN LİSANS (İLK BAŞVURU)	8 H.
2.1. Tesis Yapılacak Yerin Tapu muameleleri	6 H.
2.2. Koordinatlı Aplikasyon Krokisi	1 H.
2.3. Kuruluş İmar Durumu	4 H.
2.4. Tek biçim Şeması	2 H.
2.5. ÇED doğrulama (Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğüne verilecek)	1 H.
3. LİSANS	12 H.
3.1. Proje sergileme Dosyası	
3.1.1. ÇED dosyası	12 H.
3.1.2. Kurum Görüşler	8 H.
3.1.3. 1/1000'lik Proje	6 H.
3.2. İmar müsaade Görüşü	1 H.
4. YAPI İNŞAAT RUHSATI	12 H.
4.1. Mimari Plan	
4.2. İnşaat Planı	
4.3. Makine ve Tesisat Planı	
4.4. Yangın tasarımı	
4.5. Jeolojik Etüt inceleme Raporu	
4.6. Yapı Denetim anlaşması	
4.7. Müteahhit Anlaşması	
5. İŞYERİ AÇMA VE ÇALIŞMA İZİNİ (GSM RUHSATI)	
6. GÜÇ RAPORU	
7. SANAYİİ SİCİL BELGESİ	
8. ÇEVRE KANUNU GEREĞİNCE ALINACAK İZİN VE LİSANSLAR	
9. TESİSİN KURULMASI VE İŞLETMEYE ALINMASI, BAKANLIK KABULÜ	60 H.
9.1. KABA YAPI İŞLER SÜRECİ	40 H.
9.2. TEKNOLOJİ KURULUM SÜRECİ	40 H.
9.3. ELEKTRİK BAĞLANTI HATLARI VE PLC SİSTEM KURULUM SÜRECİ	12 H.
9.4. TESİS DEVREYE ALMA TESTLERİ	12 H.
9.5. İLK DEVREYE ALMA PROGRAMI	12 H.
9.6. BAKANLIK KABUL ONAYI	1 H.

Uygulama ve yapım aşamasında izlenecek yollara göre dönemler bir arada veya farklı zamanlarda olmaktadır. Bir başvuru sonuç değerlendirilmesi yapılmadan diğerine geçmek mümkün olmamaktadır. Resmi sürecin tamamlanması ve tesisin kurulması ve bakanlıktan onay alınması 24 ay sürmektedir. Tesis inşaatı projesinin başlangıcında, tesiste çalışmak üzere belirli standartlara göre kalifiye ve vasıfsız personel alınacaktır. Bu tür tesislerde gerekli personeli bulmak zor olduğundan, sorumluluklarına uygun lise ve üniversite mezunlarının bu alanda istihdam edilmesi ve yetiştirilmesi gerekmektedir. Tesis inşaat mühendislik firması ile sözleşme imzalarken, çalışan eğitimini de unutmamalı ve şirket ile uzun vadeli bir eğitim sözleşmesi imzalanmalıdır. Bir tesisin inşaat aşamasında personel alımı gerekli görünmese de çalışanlar inşaat aşamasından itibaren tesisteki sistemler hakkında bilgi sahibi olarak sistemi öğrenmiş olurlar. Borulama sistemleri biyogaz üretim tesislerinde çoğunlukla yer altında bulunmaktadır. Uygulama aşamasında tasarımı bilen bir çalışan, ileride bakım işlemlerinde yapılacak kazı vb. işlerde ekipleri yönlendirebilecektir.

Tasarlanan 1.400 kWh kapasiteli biyogaz santrali için gerekli işçi sayıları tesisin yıllık maliyetleri içerisinde belirtilmektedir. Buna göre;

- Tasarlanan 1.400 kWh kapasiteli kurulu güç için 5 kişinin çalışması beklenmektedir.
- Üretim kontrol teknisyenleri 3 vardiya, saha çalışanları ise 2 vardiya halinde atık yükleme işleri yapacaktır.
- Tesiste atık temini ve güvenliğinden sorumlu olarak çalışanlar bu rakama dâhil değildir.
- Sistem çalıştırdıktan sonra ihtiyaca göre kurulum yerini temizleyecek ve hazırlayacak kişi sayısı belirlenecektir.

Tesisin temizlik ve saha düzeni için çalışacak personel sayısı sistem devreye alındıktan sonra ihtiyaca göre belirlenecektir.

- Teknisyenler için Brüt Maaşı 1.250 \$/ay, diğer çalışanlar için brüt maaşı 800 \$/ay olacağı öngörülmektedir ve çizelge 5.34.'de gösterilmiştir (FIRAT, 2021).

Çizelge 5.34. İstihdam Edilecek Personel Sayısı ve Brüt Maaşları

Personel Sayısı	Tesis: 1.400 kW	NOTLAR
Teknisyen	3	3 V.
Diğer Personel	2	2 V.
Teknisyen Maaşı (\$) (Brüt)	1250	Brüt maaş (Aylık)
Diğer Personel Maaşı (\$) (Brüt)	800	Brüt maaş (Aylık)

Biyogaz üretiminde öne çıkan 3 ülkenin işçilik maliyetleri incelendiğinde, en çok biyogaz

üretiminde olduğu Çin’de çalışanlara ödenen asgari ücret ayda 316’dır. Dünyanın en kalabalık ikinci ülkesi olan Hindistan’da ise asgari ücret ayda 54,5\$ seviyelerindedir. Almanya’da çalışanlara ödenen asgari ücret ise ayda 1980,5’dır.

5.4.2. Sabit yatırım tutarı

Kurulum sırasında belirtilen ekipman ve işin ortalama fiyatı aşağıda gösterilmiştir. Ayrıca toplam kurulum maliyetini görmek için tesis yatırımcısının ihtiyaç halinde mühendislik maliyeti belirtilir. Örnek tesisin işletilmesi sırasındaki çalışan sayısı ve maliyetleri hesaplanmıştır. Tesis faaliyetleri sonucunda elde edilen kardan, geri dönüş yılı ve verimlilik oranları, kredi ve özkaynak kullanımına göre hesaplama yapılmıştır (FIRAT, 2021).

Çizelge 5.35. Bölüşümlü Fiyat Tablosu

	Tesis: 1.400 kW Fiyatı (€)
Kurulum Firması Kapsamı	
Mühendislik, Proje Yönetimi, Ekipman Temini ve Montajı Devreye Alma Hizmetleri	1.750.000
İnşaat Yapımı ve Projelendirme işleri (Lagün Yapımı Dâhil)	1.095.000
Kojenerasyon Sistemi Temini, Montaj ve Devreye Alma	558.000
Tesis Kurulum Bütçesi Toplamı	3.403.000
Yatırımcı Kapsamı (*)	
OG Elektrik Tesisat ve Pano İşleri, Enerji Nakil Hattı (**)	150.000
Lisans (***), Ruhsat, Sigorta ve Diğer Genel Giderler	94.500
Tesis Kurulum Dışındaki Giderler Toplamı	244.500
Tesis Yatırım Toplamı	3.647.500
Tesis- Trafo Merkezi arası Havai Hat Çekilmesi Gerekirse (1 km) (****)	(30.000)
Opsiyonel Yatırımlar	
Gübre Kurutma Tesisi Anahtar Teslim Fiyatı (Opsiyonel)	475.000
Sıvı Gübre Arıtma Sistemi Anahtar Teslim Fiyatı (Opsiyonel)	500.000
Kum Ayırma Sistemi Anahtar Teslim Fiyatı (Opsiyonel)	100.000
Opsiyonel Yatırım Toplamı	1.075.000
Toplam Yatırım	4.722.500

Açıklamalar:

- (*) Yatırımcı tarafından uygulanacak ve takibi yapılacak işler olmak üzere genel fiyatlardır.
- (**) Fiyatlar kurulum yeri ile enerji nakil hattı arasındaki mesafeye göre değişiklik

gösterebilir.

- (***) Yerinde lisanslı üretim yapılacağı varsayılmıştır.
- (****) Lisanslı kurulum yapılması halinde dağıtım şirketi bu ücreti geri ödemektedir.
- Biyogaz tesisinin kurulacağı arazide herhangi bir iyileştirme gerekmediği varsayılmıştır.
- Fiyata KDV dâhil değildir. (Kurulan tesis Gümrük Vergisi ve KDV muafiyetinden yararlanabilir.

5.4.3. Yatırımın geri dönüş süresi

Yapılan çalışmanın sonucunda, 1.400 kW kapasiteli bir tesisin uygun olacağını göstermiştir. Tesisin kurulması ile birlikte bölgede oluşan atıklar ortadan kaldırılırken enerji üretimi sağlanacaktır. Üretilen bu enerjinin devlet destekli fiyatlardan satın alınması, tesisin herhangi bir endişe duymadan ticari olarak faaliyet gösterebileceğini göstermektedir. Tesis yatırımı için kredi kullanılması durumunda yatırımın geri dönüş zamanının 8 yıl olacağı ön görülmektedir. Yatırım geri dönüşünün bu kadar kısa olması, bu yatırımların uygulanabilirliğini göstermektedir. Ayrıca önerilen biyogaz tesisi istihdamı artıracaktır. Elde edilen organik gübrelerin üretimi ile tarımsal üretim önemli değişimlere uğrayacaktır (FIRAT, 2021).

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemizde nüfus oranının artması ihtiyaç ve taleplerdeki artış kaynak tüketimini beraberinde getirmiş olup, bulunduğu coğrafi konum itibari ile zengin kaynaklara sahiptir. Ülkemizde tarım ve hayvancılık yaygın olduğu için tarımsal ve hayvansal atıklar biyogaz enerji kaynağı olarak değerlendirilebilir. Yozgat ili Tarım ve hayvancılık ekonomik faaliyetlerinin yaygın olarak yürütüldüğü bir şehirdir. Bölgede katı olan atıkların özellikle tarımsal atıkların geri kazanımı açısından kullanılması ve ihtiyaç duyulan temiz enerji potansiyelinin bölgeye kazandırılması gerekmektedir. Bu çalışmada Yozgat ili büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları dikkate biyogaz üretim potansiyeli değerlendirilmiştir. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı ve Yozgat il tarım orman müdürlüğünden 2021 yılına ait il ve ilçedeki hayvan sayıları alınmıştır. Büyükbaş ve küçükbaş hayvan gübreleri dikkate alınarak biyogaz potansiyeli hesaplanmıştır.

Yozgat ilinde 248.000 büyükbaş hayvan gübresi ile üretilebilecek biyogaz miktarı 19.641.600 m³ /yıl' dır. Büyükbaş hayvan gübresinden yaklaşık olarak elektrik enerjisi 92,3 GWh/yıl' dır. Yozgat ili ilçeler de toplam büyükbaş hayvan sayısı kullanılarak yapılan hesaplamalarda en çok biyogaz elektrik üretimi 14,1 GWh/yıl ile Merkez de en az ise 0,86 GWh/yıl ile Çandır ilçesinde hesaplanmıştır.

Yozgat ilinde 360.000 Küçükbaş hayvan gübresi ile üretilebilecek biyogaz miktarı 9744000 m³ /yıl' dır. Küçükbaş hayvan gübresinden üretilebilecek ortalama elektrik enerjisi 45,8 GWh/yıl' dır. Yozgat ili ilçeler de küçükbaş hayvan sayısı kullanılarak yapılan hesaplamalarda en çok biyogaz elektrik üretimi 9 GWh/yıl ile Boğazlıyan, en az ise 0,26 GWh/yıl ile Saraykent ilçesi hesaplanmıştır.

Yapılan çalışmada biyogaz tesisi konusunda literatür taraması yapılarak çalışmalar incelemiştir. Biyogaz enerji tesisi için konstrüksiyon giderleri, yerleşik kapasiteye tabii olarak; her kw güç başına 2500-7500 € arasında değişkenlik göstermektedir. Başka bir çalışmada ise 1400 kW tesisi yatırım maliyeti 4.722.500 € 'dir. Tesis yatırımı için kredi kullanılması durumunda yatırımın geri dönüş süresinin 8 yıl olacağı ön görülmektedir.

Hayvansal ve Bitkisel gübrelerden biyogaz ve elektrik enerjisi üretilmesi ve gübrelerin bertaraf edilmesi nedeniyle organik gübrelerin bitkisel üretimde kullanılması biyogaz üretim sistemlerini günümüzün en önemli alternatif enerji üretim araçlarından biri haline

getirmektedir. Aynı zamanda hayvan ve bitki atıklarının tarım sektöründe değerlendirilmesinden elde edilen enerjinin değerlendirilmesi, tarım sektörünün toplam enerji tüketimindeki yükünü azaltmak açısından da önemlidir. Bitkisel ve hayvansal gübrelerin biyogaz enerji üretim tesislerinde kullanılması çevresel değerlendirmelerin olumlu etkisi göz ardı edilemez.



KAYNAKLAR

- Abdeshahian, P., Lim, J. S., Ho, W. S., Hashim, H. and Lee, C. T. (2016). Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 714–723, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.117>.
- Abdealaziz, A.E.O. (2021), *Biyogaz Üretiminde Saflaştırma Yöntemlerinin Biyogaz Kalitesine Etkisinin Araştırılması*, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi.
- Achinas, S., Achinas, V. ve Euverink, G. (2017). A technological overview of biogas production from biowaste. *Engineering*, 3(2017), 299-307.
- Aktaş, T., Özer, B., Soyak, G. & Ertürk, M. C. (2015). Tekirdağ İli'nde Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogazdan Elektrik Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11(1), 69-74.
- Aktaş, A. (2008). Yukarı Akışlı Havasız Çamur Yataklı Reaktörlerde Çamur Granüllerinin Oluşmasına Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 75-76.
- Alibaş, İlknur, Özsoy, Gökhan, Eliçin, A. Konuralp. "Diyarbakır İli Tarımsal Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi". *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* 11 / 1 (Ağustos 2015): 75-87
- Al Seadi, T. (2008). *Biogas handbook*. Published by University of Southern Denmark z Esbjerg, 12-90.
- Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Finsterwalder, T., Köttner, M., Volk S., Janssen, R. 2008. *Biogas Handbook*, ISBN 978-87-992962-0-0, , Niels Bohrs Vej 9-10, DK-6700. Esbjerg.
- Al-Maghalseh, M., and Saleh, W. (2017, October). Design and cost analysis of biogas based power plant: Jenin perspective. *14th International Conference on Smart Cities: Improving Quality of Life Using ICT & IoT*, (31-35).
- Angelidaki, I., Karakashev, D., J. Batstone, D., M. Plugge, C., J. M. Stams, A., (2011). Biomethanation and its potential, *Methods in Enzymology*, volume 494, ISSN 0076-6879, DOI: 10.1016/B978-0-12-385112-3.00016-0.
- Arnott, M. 1985. *The Biogas/Biofertilizer Business Handbook*, PeaceCorps, Information Collection and Exchange, Reprint R-48
- Artemisaritim,2020.https://www.artemisaritim.com/aritmatesisleri?gclid=EAIaIQobChMIsq_Etpa_9w_IVK-7mCh2rbw-PEAAYASAAEgKaRPD_BwE Erişim tarihi: 02.05.2022
- Aski, 2022. <https://www.aski.gov.tr/TR/ICERIKDETAY/Ayas-Atiksu-Aritma-Tesisi-6172-Mgun/30/61>, Son Erişim Tarihi:14.10.2022

- Aşçı, M.F., 2018. Hatay ili Hatay ili Biyogaz Potansiyelinin incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Automationtr, 2022. URL: <https://www.automationtr.com/sutasin-biyogaz-elektrik-enerjisi-uretim-tesisi-acildi.html>, Son Erişim Tarihi:15.10.2022
- Ay, Ö.F., 2020. Kahramanmaraş İlinin Teorik Biyogaz Potansiyelinin Farklı Modellerle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bal, B., 2021, Hayvansal atıklardan biyogaz eldesi ve Diyarbakır kapsamında potansiyelinin incelenmesi, yüksek lisans tezi, Dicle Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Kimya anabilim dalı.
- Baran, M.F., Lüle, F., Gökdoğan, O., (2017). Adıyaman ilinin hayvansal atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyeli, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4(3) : 245– 249.
- Baştan Töke L., (2021). Kapasiteleri Aynı Biyogaz Tesislerinin Farklı Atık Miktar ve Türlerine Göre Verimliliğinin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Enerji Yönetimi Anabilim Dalı.
- Boyacı, S., (2017). Kırşehir İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4 (4), 447-455. Retrieved from, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/turkjans/issue/31628/346812>
- Biyogazlar, 2022. URL: <http://biyogazlar.blogspot.com/2010/06/biyogaz-uretiminde-kullanilan.html>, Son Erişim Tarihi:01.18.2022
- Bayrakçeken, H., (1997). Biyogaz Üretim Sistemi Tasarımı ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, 1.
- Canan, A., 2021, Biyogaz Üretiminde farklı katkı maddelerinin biyogaz verimine etkisinin incelenmesi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında, Doktora Tezi.
- Can Z. R., Adıyaman Atık Su Arıtma Tesisi Biyogaz Üretim Veriminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Adıyaman Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Adıyaman, 2017, 484465.
- Cantekin, E., (2022). Trakya Bölgesinde Biyogaz Potansiyelin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim dalı.
- Ceylan, A.B., 2020. Biyogaz Santrali Analizi ve Elektrik Üretimi Potansiyeli. (Yükse Lisans Tezi). Manisa Celal Bayar Üniversitesi ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı.

- Çelik T., (2022). Biyogaz Yakıtlı Reaktivite Kontrollü Sıkıştırma Ateşleme Bir Motorun Modellenmesi ve Çalışma Parametrelerinin Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yenilebilir Enerji Anabilim Dalı.
- Çelikkaya H., Biyogaz, Fırat Kalkınma Ajansı, 2016
- Demiröz, M., (2018). Konya büyükbaş hayvan işletmelerinde biyogaz tesisi kurulumun incelenmesi, yüksek lisans tezi Muğla Sıtkı Koçman üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Anabilim Dalı.
- Deviren, H., İlkılıç, C. ve Aydın, S. (2017). Biyogaz Üretiminde Kullanılabilen Materyaller ve Biyogazın Kullanım Alanları. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 7(2/2), 79-89.
- Elektrikport, 2022. URL: <https://www.elektrikport.com/universite/biyogaz-teknolojisi-ve-uygulama-alanlari/10217#ad-image-0>, Son Erişim Tarihi:15.03.2022
- Ercan, D., (2021). Enerji Eldesinde Kullanılan Tarımsal Atıkların Verimliliğe Etkisi: Gerçek Bir Biyogaz Tesisi Örneği, yüksek lisans tezi, KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Enerji Yönetimi Anabilim Dalı.
- FIRAT, 2021. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Elazığ ili biyogaz üretim tesisi, Ön Fizibilite raporu, Fırat Kalkınma Ajansı.
- Gao, M., Wang, D., Wang, Y., Wang, X., Feng, Y. (2019). Opportunities and challenges for biogas development: a review in 2013–2018. Current Pollution Reports, 5(2), 25-35.
- Görmüş C., Türkiye'deki Hayvan Gübrelерinin Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 2018, 509980.
- Gökdoğan, O., Baran, M.F., 2015., Bingöl İlindeki Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerji Potansiyeli. I. Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi, 9-11 Haziran 2015, Bursa
- Gülen, J., Arslan H., Biogas, Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 2005.
- Gülen, J., Çeşmeli, Ç., (2012). Biyogaz Hakkında Genel Bilgi ve Yan Ürünlerinin Kullanım Alanları, Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Metalurji Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5(1) : 65-84.
- Gül, N. (2006). Tavuk Gübresinden Biyogaz Üretim Potansiyelinin Araştırılması Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- İllez, B. 2020, Türkiye'nin Enerji Görünümü: Türkiye'de Biyokütle Enerjisi, p. 319.

- Kalaycı, E., Türker, G., Çağlarer, E. (2017). Kırklareli İlinin Hayvansal Atık Potansiyelinin Biyogaz Üretimi Çerçevesinde Değerlendirilmesi ve Güncel Yapının Yorumlanması. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 8, Sayı 4, 1489- 1497, 2019.
- Karaca, C. ve Gurdil G., (2019). Biogas production potential from animal manure in Samsun Province of Turkey. <https://sciendo.com/pdf/10.2478/sab-2019-0019> 05.05.2022
- Kalyuzhnyi, S. 2008. Energy Potential of Anaerobic Digestion of Wastes Produced in Russia Via Biogas and Microbial Fuel Cell Technologies. IUPAC, Pure and Applied Chemistry, Vol. 80, No. 10, pp. 2115–2124, 2008.doi:10.1351/pac200880102115, Russia.
- Kavuma, C. (2013). Variation of Methane and Carbon Dioxide Yield in a Biogas Plant. MSc Thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden
- Kaya, D., Öztürk, H.H., "Biyogaz Teknolojisi", Umuttepe Yayınları, 2012. ISBN: 978-605-59-74-7
- Kaya D., Çoban V., Çağman S., Eyidoğan M. 2015, Osmaniye İlinde Hayvansal Biyogaz ve enerji potansiyelinin araştırılmasında yönelik fizibilite raporu, Osmaniye Belediyesi, KartepeEnerji Araştırma Geliştirme San. ve Tic. Ltd. Şti. Kocaeli, 2015.
- Küçükhemek, M., Gün, Ö., Demir, A., Bölgesel Yenilenebilir Enerji Üretim Tesisleri Olarak Anaerobik Çürütücüler, Konya Kenti Uygulaması, AKADEMİA, 2010.
- Kougiyas, P. G., ve Angelidaki, I., (2018). Biogas and its opportunities A review. *Frontiers of Environmental Science and Engineering*. 12(3): 1-12
- Mao C, Feng Y, Wang X, Ren G. "Review on Research Achievements of Biogas from Anaerobic Digestion". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 540-555, 2015.
- Mukumba, P., Makaka, G., Mamphweli, S., and Misi, S. (2013). A possible design and justification for a biogas plant at Nyazura Adventist High School, Rusape, Zimbabwe. *Journal of Energy in Southern Africa*, 24(4), 12-21
- Mühendisbeyinler., 2022. İnternet: <https://www.muhandisbeyinler.net/biyogaz-nedir-nasil-elde-edilir/>, Son Erişim Tarihi: 09.02.2022
- Olatunda, D., Süleyman, O., & Efevbokhan, V. (2017). Optimization of pretreatment, process performance, mass and energy balance in the anaerobic digestion of *Arachis hypogaea* (Peanut) hull. *Energy Conversion and Management*, 139, 260- 275.
- ORAN, 2020, Kayseri İli Beydeğirmeni Besi Bölgesi Biyogaz Tesisi, Ön Fizibilite Raporu, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Oran orta anadolu kalkınma ajansı, 2020.
- Özcelik T., 2020. Konya ili Beyşehir ilçesi hayvan gübrelerinin biyogaz enerji potansiyelinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı.

- Öztürk İ., Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1999.
- Öztürk, M., (2003), Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi Yüksek Lisans Ders Notları, İstanbul, 2003.
- Teke E., (2021). Kırmızı Kaliforniya solucanından elde edilen gübrenin biyogaz üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine mühendisliği Anabilim Dalı.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı, 2022, <https://enerji.gov.tr/>, son erişim tarihi: 18.10.2022
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Yozgat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü
- Üregen Güler, N., (2020). Yerli kaynaklardan biyogaz üretimi ve oksijen yanması. Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Varol, A. (2009). Mezofilik Şartlarda Spirulina Platensis'in biyogaz üretim veriminin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 4-14.
- Yeo, 2022, Yeo Teknoloji Enerji ve Endüstri A.Ş., URL: <https://yeo.com.tr>, Erişim tarihi:18.10.2022
- Yılmaz, H. İ. & Karadağ, F. (2019). Bursa İli Büyükbaş Hayvan Varlığına Dayalı Biyogaz ve Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi. 10. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, 12-14 Aralık, Antalya, 91-97.
- Yılmaz, A., (2022) Sivas Yöresinde elde edilen sığır gübresinden biyogaz üretiminde ön işlemlerin biyogaz verimine etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sivas.
- Yiğit, N. 2007. Peyniraltı suyundan sürekli sistemde biyogaz üretimi için en uygun koşulları belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 133.
- Yokuş İ. (2011) Sivas ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyeli. Yüksek lisans tezi Ankara üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü.
- Ziauddin Z., Rajesh R. 2015. Production and Analysis of Biogas from Kitchen Waste, International Research Journal of Engineering And Technology, 2 (4): 622-632.
- Weiland, P. 2001. Grundlagen der Methangärung – Biologie und Substrate; VDI-Berichte, Nr. 1620. Biogas als regenerative Energie – Stand und Perspektiven, S. 19-32
- Wikipedia., 2022, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Yozgat_\(il\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Yozgat_(il)), Son Erişim Tarihi: 13.07.2022

DİZİN

A

Asetik asit · 5, 6, 11
Asit · vii, 5
Atık · 25, 26, 28, 29, 30

B

Bakteri · 2

D

Doğalgaz · 3, 14, 21

E

Enerji · 20, 25, 26, 27

F

Fermantasyon · viii, 7,
17, 18, 25, 28, 63

H

Hidroliz · 4, 5

İ

İşletme · 8, 63

K

Kırsal · 16, 20

M

Mineral · 11

N

Nitrojen · 8

O

Organik · 7, 8
Ortam · 2

P

Potansiyel · 14

R

Reaktör · viii, 8, 28, 29

T

Tarım · iv, 15, 29, 36,
37, 38, 40, 68, 69, 70

Ü

Üretim · ix, xiv, 18, 27,
40, 65, 67, 69, 70, 71,
74

V

Verim · 66

Y

Yapay · 16



TEKNOVERSİTE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

